Научный Отдел Народн. Комиссар. Просвещ. Т. С. С. Р.

В. А. Богородицкий,
профессор Казанского Университета.

КУРС ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ФОНЕТИКИ

применительно

к литературному русскому произношению

(С атласом рисунков к тексту).

Вып. II. Методология и техника экспериментально-фонетических исследований физиологического типа.



ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
АВТ. ТАТ. С. С. РЕСП.
КАЗАНЬ 1922 Г.

Методология и техника экспериментально-фонетических исследований физиологического типа.

В предшествующем выпуске мы ознакомились с устройством говорильного аппарата и теми приборами, которыми пользуется экспериментальная фонетика при изучении работ этого аппарата. Благодаря применению приборов, экспериментальная фонетика позволяет получать об'ективные данные относительно нашего произношения, как напр. для синхронизма артикуляционных работ, временной длительности их, высоты и силы голосового тона и т. п.; уже одно привлечение новых средств к изучению языковых явлений не может не заслуживать внимания лингвистов. Но для того, чтобы получаемые экспериментально-фонетические результаты представляли действительную научную ценность, необходимо предварительное тщательное изучение самых приборов и правильной установки их для опытов. Дело в том, что получаемые посредством приборов записи („графики") на равномерно вращающемся цилиндре должны выражать эмпирический закон данного произношения, а потому, если записи неудовлетворительны, то как бы тщательно они затем не вычислялись, они не дадут уже надежных выводов, как мы не составим правильного представления о предмете при посредстве плохого зеркала, искажающего изображение. Сказанным об'ясняется, почему мы должны ввести в свой курс еще и отдел методологии и техники экспериментально-фонетических исследований.

Хотя экспериментальная фонетика изучает произношение с двоякой стороны—*анатомо-физиологической и физико-акустической* (в ряде случаев тесно соприкасающихся и даже сливающихся между собою), мы остановимся в настоящей главе преимущественно на приемах исследований первого рода, производимых с помощью кимографа (вращающегося цилиндра) и главным образом воздушной сигнализации, [1]) имея в виду вопросы физико-акустические рас-

---

[1]) Заметим, что соответствующие приборы были изготовлены для Кабинета экспериментальной фонетики Казанского ун-та парижским механиком Вердэном (Ch. Verdin), настолько известным своею добросовестностью и аккуратностью, что имя его служит достаточным ручательством за доброкачественность приборов (в последнее время владельцем названного механического заведения стал г. Boulitte, продолжавший однако пользоваться услугами Вердэна; адрес заведения: **Paris, rue Linné, 7.** Имеется там и специальный каталог фонетических приборов с соответствующими изображениями и краткими описаниями).

смотреть в последующем выпуске. В настоящем же выпуске наше изложение касается следующих вопросов: изучение движений цилиндра; значение длины и диаметра соединительных каучуковых трубок (служащих для соединения приборов, воспринимающих произношение, с приборами записывающими или регистрирующими); влияние размеров и конструкции записывающих барабанчиков; методология специальных приборов, служащих для восприятия действий от работ отдельных органов произношения; так наз. регистрационное замедление и синхронизм; поправки к измерениям и вычислениям; микроскопическое исследование график, и нек. другие вопросы.

1) **Изучение вращений цилиндра и установление меры для график**. Одним из первых вопросов, представляющихся при экспериментально-фонетических исследованиях анатомо-физиологического типа является вопрос о точном определении времени *артикуляционных* работ, записи которых получаются на вращающемся цилиндре и затем измеряются и вычисляются. Для определения времени экспериментальная фонетика пользуется при этом вибрациями *камертона*, делающего известное число колебаний в секунду; эти вибрации, будучи равны между собою, тоже записываются на вращающемся цилиндре и в этом виде служат мерою для график, записанных на той же скорости; вполне понятно, что эта мера видоизменяется по длине с изменением скорости вращения цилиндра; наш кимограф имеет три скорости вращения. Остановимся теперь подробнее на этом вопросе и произведем необходимые опыты с камертоном на каждой из трех скоростей цилиндра, при чем заметим, что окружность последнего=42 сант. или 420 миллиметрам.

Сначала мы определим, на основании записей от камертона, дающего 100 вибраций в секунду, в р е м я п о л н о г о о б о р о т а ц и л и н д р а для каждой из трех скоростей: на *малой* скорости полный оборот цилиндра совершается в 60″ или одну минуту; [1]) на *средней* скорости в 9,2″, т. е. скорость движения здесь больше предшествующей в $6^1/_2$ раз; на *большой* скорости один оборот цилиндра происходит в 1,6″, и таким образом скорость вращения здесь больше предшествующей в $5^3/_4$ раза. [2]) В прямой зависимости от времени полного оборота цилиндра на разных скоростях находится

[1]) Это число мы установили с помощью секундомера, а не камертона, так как при малой скорости вследствие медленности вращения цилиндра вибрации камертона выходят на графиках слишком сжатыми, так что почти сливаются между собою и потому представляют большие трудности для пересчета.

[2]) Таким образом наш цилиндр делает в одну минуту на малой скорости один оборот, на средней в течение такого же промежутка времени $6^1/_2$ оборотов, а на большой—$37^1/_2$ оборотов (т. е. $6^1/_2 \times 5^3/_4$). Эти данные достаточно близко согласуются с указаниями каталога г. Вердэна, где для малой скорости показан один оборот в минуту, для средней—7 оборотов и для большой—40 оборотов.

количество произносимого материала, которое может уместиться на одном обороте при той или иной скорости вращения. Так, напр., из опытов мы убедились, что на средней скорости мы успевали произнести на отдельном обороте цилиндра повторно с достаточными паузами одно и то же короткое слово от 4 до 6 раз или целый связный текст—слов в восемь нескорого произношения; вполне понятно, что на медленной скорости уместится гораздо больше, тогда как на большой скорости лишь слово или два; впрочем нужно иметь в виду, что кимограф Вердэна имеет приспособление для записи на всем протяжении цилиндра, при чем запись принимает винтовой ход (т. е. как на фонографе), естественно вносящий некоторые усложнения в исследование. Вместе с тем мы приходим к правилу выбора надлежащей скорости для фонетических записей: так как следы быстрых колебаний, каковы колебания голосовые, на медленной скорости будут сливаться между собою, на средней же скорости будут вполне определенны, то в подобных случаях следует предпочитать среднюю (resp. большую) скорость; запись же сравнительно медленных движений, каковы губные артикуляции, может производиться и при медленной скорости, а в синхронизме с голосовыми вибрациями—на средней (на большой же скорости губные артикуляции выйдут слишком растянутыми, при чем их склоны незаметно сольются с абсциссою, а это неудобно для измерений). [1])

Зная длину окружности (в сантиметрах или миллиметрах), проходимую движущеюся точкою цилиндра в течение одного оборота, и время этого последнего, мы можем легко переводить любое измеренное *расстояние* по окружности цилиндра на *время*; применительно к экспериментально-фонетическим записям это значит, что пространственные измерения график могут переводиться на время соответствующих артикуляционных работ. Так как звуковые элементы график, при наиболее употребительной скорости вращения цилиндра, занимают сравнительно небольшие длины, то в экспериментальной фонетике в качестве единицы длины принимается *миллиметр*, а для времени—сотая доля секунды, обозначаемая через σ (т. е. $0{,}01'' = 1\sigma$). Таким образом

1) на *малой* скорости нашего цилиндра один миллиметр пробегается точкою в $0{,}14''$,

2) на *средней* скорости—в $0{,}02''$,

---

[1]) Так как существующие кимографы разных фабрик имеют разные размеры и неодинаковые скорости, то при выборе или заказе прибора для целей экспериментально-фонетических в особенности желательна наличность скорости, равняющейся не менее 5 сантим. в секунду (т. е. подобно нашей средней скорости), ибо, как указано, эта скорость пригодна для записи и медленных артикуляций, и быстрых голосовых вибраций.

3) на *большой* скорости — в 0,004". [1])

Таким образом, измеряя графики *миллиметровою линейкою*, мы легко можем переводить, соответственно указанным числам, найденное расстояние на время.

Заметим однако, что миллиметровая линейка удобна для измерения и вычисления лишь сравнительно более крупных частей график, напр. при определении длительности губных артикуляций, всего звучания гортани, и т. п., но для более тонких вычислений, какие требуются напр. при исследовании видоизменений высоты тона при произношении, предпочтительнее применение особого измерительного *микроскопа* с окуляр-микрометром. При этом способе определения единицей сравнения служат вибрации *камертона*, делающего определенное число колебаний в секунду, напр. 100, записанные на данной скорости. Так как эти колебания равны между собою, то можно принять длину каждой вибрации за меру времени, которая в записи камертона, делающего 100 колебаний в секунду, равна $^1/_{100}$ секунды; при этом с помощью микроскопа, снабженного окуляром с микрометрическими делениями, нужно определить число делений, приходящихся на одну вибрацию камертона; затем при микроскопическом исследовании фонетических график к ним применяется уже, в качестве единицы меры, это число делений микрометра, соответствующее времени одного колебания камертона. Так, для нашего микроскопа при исследовании вибрационной кривой от камертона в 100 вибраций в секунду, имеем:

1) при *малой* скорости одна такая вибрация, т. е. соответствующая одной сотой секунды, занимает 1.2 делений микрометра,

2) при *средней* скорости — около $7^1/_2$ делений,

3) на *большой* скорости — около 42 делений.

Примечание. Не трудно установить соотношение между тем и другим способом измерения (т. е. между данными, получаемыми посредством миллиметровой линейки и с помощью микроскопа), чтобы таким образом всегда иметь возможность переходить от одних измерений к другим. Для этого нужно лишь с помощью того же измерительного микроскопа определить, сколько делений микрометра приходится на один миллиметр. Так, в нашем микроскопе миллиметр покрывается $15^1/_3$ делениями микрометра; это и будет у нас цифра для перехода от одной меры к другой, [2]) т. е.

---

[1]) Эти числа получены от деления вышеуказанного времени полного оборота нашего цилиндра в секундах для соответствующей скорости на окружность цилиндра в миллиметрах, т. е. 60": 420=0,14" (для малой скорости); 9,2": 420=0,02" (для средней скорости); 1.6": 420=0,004". Мы несколько округлили полученные в частном числа по отношению к тысячным и десятитысячным долям секунды, как не имеющим практического значения; но не трудно ввести дополнительную поправку, если бы требовалась бо̀льшая точность.

[2]) Понятно, что другие микроскопы с другими увеличениями и микрометрическими делениями дадут иные числа; кроме того, самые вибрации камертона, записанные на разных кимографах, будут не одинаковы. Таким образом в каждом кабинете требуется особое предварительное изучение движений цилиндра и перевод на время меры миллиметровой и микрометрической.

от миллиметровой линейки к микрометру и обратно: умножая миллиметровую меру на эту цифру, мы получим меру микрометрическую, а деля последнюю на ту же цифру, переходим к мере миллиметровой. [1])

Здесь мы должны отметить тот интересный факт, что наше исследование под микроскопом вибрационных кривых от камертона в 100 v. d., записанных на одном и том же цилиндре в разные годы, дало не вполне одни и те же величины; так, напр., по графикам 1907—1908 г. одна вибрация такого камертона при средней скорости вращения цилиндра занимает около $7\frac{1}{2}$ делений микрометра, тогда как по графикам 1913 г.—около $7\frac{1}{3}$ делений, а по графикам 1915 г. только $7\frac{1}{8}$ делений и даже менее. Это свидетельствует о том, что ход цилиндра с годами становится медленнее, при чем уменьшение скорости вращения, выражающееся легким уменьшением в числе делений микрометра, приходящихся на одну вибрацию камертона, естественно об'яснить некоторым утомлением работающей часовой пружины. Однако для облегчения исследования фонационных график, записывавшихся на той же скорости, мы пользовались все время начальными данными, т. е. принимали *б*=$7\frac{1}{2}$ делений микрометра, ибо при этом лишь несколько меняется *абсолютная* величина чисел, но не нарушается истинность *отношений,* именно и представляющих наибольшую важность для исследователя; самое же изменение абсолютной величины при этом настолько ничтожно, что им можно пренебречь.

Примечание. Данные о числе делений микрометра, приходящихся на одну вибрацию камертона, получены нами от большого числа измерений. Это было необходимо в виду того, что наши камертоны, которые были выписаны от **Verdin'a** (см. сноску на стр. 3), приводимые в действие электрическим током, не давали вибраций вполне равномерных: при этом мы измеряли вибрации группами по 4 вибрации и затем в каждой группе определяли среднюю величину для одной вибрации. Так по графикам 1913 г. для камертона в 100 v. d. мы получили следующий ряд таких средних: $7\frac{1}{2}$ дел., $7\frac{3}{8}$, $7\frac{3}{16}$, $7\frac{7}{16}$, $7\frac{3}{8}$, $7\frac{5}{16}$, $7\frac{1}{2}$, $7\frac{7}{16}$, $7\frac{3}{16}$, $7\frac{1}{2}$, откуда общая средняя=$7\frac{3}{8}$ делений микрометра. И другие наши камертоны в 50 и 200 вибраций (от того же механика) также дали не вполне равномерные вибрационные кривые; причина такой неравномерности осталась нами не изученною. Кроме того, простой подсчет всех зубчиков вибрационной кривой камертонов в 100 и 50 вибраций на целом обороте цилиндра, записанной в один и тот же сеанс 1915 г. на средней скорости, обнаружил неполное согласие камертонов: между тем как камертон в 100 v. d. дал на целом обороте 924 зубчика (= 9, 24"), камертон в 50 v. d. дал не половину этого количества зубчиков, а 459 (= 9,18"), т. е. последний камертон ниже первого не ровно на октаву, а слегка более.

---

[1]) Наши нередкие измерения одних и тех же график миллиметровою линейкою и паралельно микроскопически давали весьма согласные результаты; поэтому мы признаем достаточную точность за наблюдениями проф. Л. В. Щербы (см. его книгу „Русские гласные в качествен. и количествен. отношении", 1912), тем более, что его миллиметровая линейка давала еще указания и на десятые доли миллиметра, а самые измерения совершались под контролем особой лупы-очков. Конечно, если бы в задачу исследования г. Щербы входило также и изучение движения высоты тона голосовых вибраций в гласных, то ему пришлось бы обратиться к микроскопу. Так действительно и поступила г-жа Абель, работавшая под руководством проф. Щербы над латышской интонацией (см. Изв. Акад. Наук по отд. р. яз. и слов. 1915 г.). Но так как числовые данные меры в том и другом случае не являются абсолютно точными, а только приближенными, то могут получиться легкие несогласия между измерением миллиметровым и микроскопическим; для избежания таких несогласий следует избегать во время одного и того же измерения часть исследовать одним способом, а другую

Так как цилиндр с известного оборота принимает свою ту или другую постоянную скорость (см. вып. I, стр. 9), то и записи артикуляционных работ мы начинаем не ранее определенного оборота, когда движение цилиндра уже достигло постоянной скорости; при таких условиях мы можем уже не сопровождать своих фонетических записей одновременною регистрациею камертонных вибраций, пользуясь для измерения миллиметровою линейкой, или же микроскопом с микрометрическими делениями. [1]) Постоянная скорость, начинающаяся с определенного оборота, держится в течение довольно значительного времени (благодаря значительности завода пружины), но к самому концу начинает естественно замедляться, а потому необходимо пользоваться срединою завода, но не концом его, для чего не нужно забывать заводить цилиндр перед предположенною серией опытов.

2) **Исследование замедляющего влияния проводящих каучуковых трубок.** Получив данные, относящиеся к вращению цилиндра и мере временной длительности график, мы обратимся теперь к изучению передачи артикуляционных импульсов по соединительным трубкам к приборам, отмечающим эти импульсы на цилиндре. Здесь мы имеем в виду обыкновенную или воздушную сигнализацию, которая, в отличие от электрической или мгновенной [2]), требует для своего прохождения по сравнительно короткой каучуковой трубке все-таки некоторого, хотя бы и очень небольшого времени. При обсуждении вопроса о запаздывании воздушной сигнализации мы прежде всего воспользуемся теми данными, какие известны по этому вопросу из физической акустики. Наблюдения над скоростью (v) распространения звука в *свободном воздушном пространстве* показали, что при 0° $v = 332 \frac{\text{м.}}{\text{сек.}}$ (или $1090 \frac{\text{ф.}}{\text{сек.}}$). [3]) где впрочем последняя метровая цифра у исследователей слегка варьирует и следовательно не вполне достоверна; отсюда путем элементарного вычисления применительно к расстояниям при наших опытах, не превыша-

---

[1]) Однако если кимограф плох и без регулятора, то он должен требовать при всех опытах одновременной записи камертона; отсюда видно, как важно иметь приборы от заведомо хорошей и добросовестной механической фабрики, специально работающей в данной области.

[2]) Электрическую сигнализацию мы лишь условно принимаем за мгновенную по сравнению с воздушной, так как и она предполагает некоторый момент времени для возбуждения сигнальной арматуры, но этот момент сравнительно мал; так в сигнальном аппарате **Deprez'a** (см. вып. I, стр. 49), которым мы пользовались, время намагничивания сигнального якоря доходит до 0,002"; этот момент времени необходимо принимать в расчет при суждении о запаздывании воздушной регистрации.

[3]) В виду того, что в русских сочинениях по акустике числовые данные указываются частию в метрах, а частию в футах, то будет не лишним привести цифры, могущие служить для перевода одних мер в другие: 1 м е т р = ок. 3,28 англ. (и рус.) футов, а 1 англ. (и рус.) фут = ок. **0,3** м.

ющих метра, находим, что распространение звука на один метр происходит в течение 0,003″ (или на один фут—в 0,0009″). Так как с повышением температуры скорость передачи звукового колебания несколько возрастает, именно с каждым градусом Цельзия приблизительно на 0,6 метра или около 2 ф. в секунду, то скорость распространения звука в свободном пространстве напр. при 20°Ц (16° Р.) увеличится приблизительно на 12 метров в секунду и в таком случае будет 344 $\frac{м.}{сек.}$, откуда следует, что один метр расстояния при данной температуре проходится звуком в $\frac{1}{344}$″ =0,0029″, т. е. на одну десятитысячную долю секунды быстрее. При температуре в 0° французский ученый Реньо (Regnault) своими опытами доказал, что скорость распространения звука в *трубках* уменьшается с уменьшением диаметра. Позже Baille[1]) произвел опыты над скоростью распространения воздушных импульсов в трубках с малым диаметром и между прочим установил, что скорость распространения воздушного толчка в латунной трубке с поперечником в 5 мм. при 0° равна 281,4 м. в секунду, т. е. на 50,6 м. меньше, чем в свободном пространстве, откуда следует, что 1 метр расстояния трубки данного диаметра проходится импульсом в $\frac{1}{281}$ =0,0035″, т. е. в таких трубках на один метр замедление в передаче воздушного толчка по сравнению с свободным пространством составит пять десятитысячных секунды. На самом же деле передача импульса в опытах г. Baille, следует думать, имела бо́льшую скорость, так как исследователь повидимому не учел сопротивления со стороны возбуждаемой мембраны, а лишь упомянул о влиянии этого фактора.[2]) Так как при экспериментально-фонетических исследованиях соединительные трубки, при том же самом диаметре в 5 мм. приблизительно [illegible] в среднем одного метра, то ясно, что прохождение импульса по такой короткой трубке и при температуре 16° Р. совершается в крайне незначительное время,—приблизительно около одной десятитысячной секунды, если за основание расчета возьмем цифру г. Baille, т. е. без вычета времени от противодействия мем-

---

1) См. его статью—Étude de la vitesse du son dans les tuyaux de petit diamètre (в Journal de physique, 2-e série, t. VI, Novembre 1887, стр. 493—506, в особенности стр. 496—501).

2) Так г. Baille выставил следующие положения: 1) *мембрана даже самая малая и [illegible] легкая* не повинуется импульсу немедленно, а лишь тогда, когда напор на нее воздушного толчка достигнет достаточной силы; 2) *степень натяжения мембраны* также влияет на регистрацию импульса (если мембрана натянута недостаточно, то она не имеет устойчивого равновесия и может проявлять собственные движения, в которых трудно разобраться, при излишнем же натяжении мембраны потребуется бо́льшая сила или бо́льшее время, чтобы привести ее в движение); 3) *все то, что увеличивает инертность мембраны, как напр. нагрузка ее*, сильно замедляет регистрацию; 4) *утомляемость мембраны* также оказывает известное влияние, см. Journal de physique, l. c., стр. 499.

браны и влияния температуры. Между тем на деле при эксперим[illegible]тально-фонетических исследованиях замедление сигнализации при воздушной передаче по трубке сравнительно с электрической передачей оказывается иногда весьма значительным, доходя даже до 0,02" и превосходя таким образом указанное нами в 40 раз. А это доказ[illegible], что при экспериментально-фонетических опытах, где применяются короткие трубки, столь значительное замедление может быть об[illegible] главным образом противодействием со стороны регистрирующего барабанчика, а не длиною и диаметром соединяющей [illegible] трубки. К рассмотрению этого главного и в то же время [illegible] ного фактора мы и обратимся в дальнейших параграфах.

3) **Изучение замедляющего влияния на [illegible] со стороны регистрирующих воздушных барабанчиков.** Для изучения [illegible] ленного вопроса мы предприняли [illegible] рода опыты: [illegible], сопоставляли воздушную сигнализацию с электрическою [illegible] и того же импульса, а во-вторых — проводили [illegible] (Y—образной металлической трубки) один и тот же импульс одновременно к двум воздушным сигнальным барабанчикам.

Для опытов первого рода мы [illegible] губной [illegible] Rousselot, а для опытов второго рода пользовались [illegible] приборами, а частью гортанной капсулою Rousselot [illegible] рис. 39—41). Для применения губного прибора [illegible] одновременно для воздушной и электрической сигнализации [illegible] и того же импульса мы снабдили пластинки [illegible], предназначенные для принятия губ, [illegible] тока, изолировав при этом самые пластинки от [illegible] прибора, к которым они прикреплены, посредством особой [illegible]. Таким образом, сомкнутое положение пластинок [illegible], а каждое разнятие — размыкать последний; для большей [illegible] кого разнятия было усилено [illegible] каучуковое [illegible] противоположных концах [illegible]. [illegible] производилось при помощи пинцета ([illegible] рованы резиновой обкладкой) и отмечалось на [illegible] ным электрическим аппаратом Deprez'a; [illegible] губных пластинок одновременно действовали [illegible] при самом приборе воздушный барабанчик, [illegible] давался через посредство каучуковой трубки [illegible] ному барабанчику, [illegible] таким образом от одного и того [illegible] мы получали сразу два сигнала — электрический и воздушный (рис. 39), определяя затем замедление воздушного сигнала по сравнению с электрическим.

В опытах второго рода мы проводили воздушный сиг[illegible] губного прибора с помощью развилки сразу к двум [illegible]

воздушным барабанчикам при одновременной электрической сигнализации (рис. 40), а затем исследовали, насколько синхроничны все эти записи. Наконец, для той же цели, т. е. для определения синхронизма двух регистрирующих барабанчиков, мы пользовались еще гортанной капсулой Руссло, металлическую трубочку которой соединяли коротким обрезком каучуковой трубки с развилкою, а последнюю в свою очередь с двумя испытываемыми сигнальными барабанчиками (рис. 41): удар по мембране гортанной капсулы вызывал сигнал того и другого барабанчика.

Мы должны оговориться, что все эти опыты, результаты которых изложены ниже, мы производили на средней скорости вращения цилиндра, как чаще применяемой (конечно другие скорости потребовали бы новых опытов), при чем запись сигналов производилась не ранее третьего оборота, т. е. по наступлении равномерности во вращении. Предварительно же, т. е. до начала вращения цилиндра, концы сигнальных перьев устанавливались на одном уровне так, что при движении салазки прочерчивали прямую параллельно оси цилиндра, а с началом вращения цилиндра во время первых его оборотов сигнальные приборы механически приподнимались над цилиндром путем нажима особой пружины (которую г. Верден так удачно приспособил к ветке, служащей для записи регистрирующих приборов) и затем в нужный момент опускались с полным сохранением этой установки.

Поставленные нами опыты показали нам, что замедление сигнала воздушного у разных барабанчиков и может быть довольно значительным, обусловливаясь следующими [illegible] *моментов*:

1) *размером* именно главного и особенно диаметра чашечки регистрирующих *барабанчиков*, в полость которой направляется импульс по каучуковой трубке: очевидно, что больший размер барабанчика, при прочих равных условиях, будет благоприятствовать большему замедлению.[1]

2) *качеством резиновой мембраны*, которою обтянут сигнальный барабанчик. Из своих опытов мы убедились в том, что старая утомленная мембрана плохо реагирует на импульс, причем поднятие рычажка заметно отстает; поэтому, вопреки работе Rousselot, мы предпочитаем работать барабанчиками с недавно натяну-

[1] Мы располагали при опытах регистрирующими барабанчиками конструкции Вердена, главным образом трех диаметров—5 сант., 2,5 сант. и 1,5 сант., при чем больший барабанчик имелся в трех экземплярах, а меньший и самый малый—в двух экземплярах каждый. Эти три размера барабанчиков оказались очень полезны при фонационных записях: первым из них мы пользовались для записи крупных движений напр. от пневмографа или другого прибора, а вторым и третьим для регистрации более мелких движений в частности вибрационных.

гой мембраной, хотя самая резина может быть и не вполне свежая (заметим кстати, что и сорт резины не остается без влияния: при резиновой мембране низшего сорта мы получали менее правильные графики и менее постоянные результаты сравнительно с мембраной высшего сорта);

3) *натяжением резиновой мембраны* регистрирующих барабанчиков, которая может быть сильнее и слабее натянута; очевидно, что при равенстве прочих условий более сильное натяжение ее, представляя более сильное противодействие импульсу, даст большее замедление (о необходимости избегать слишком слабого натяжения мембраны было сказано в сноске на стр. 9); что касается самых способов по определению степени натяжения мембраны, то о них мы будем говорить подробнее ниже. Нужно еще добавить, что натяжение мембраны далеко не всегда бывает равномерно (т. е. в одном направлении резина вытянута больше, чем в другом), и это по всей вероятности не безразлично для регистрационного замедления. [1])

4) *толщиною мембраны*, при чем естественно, что у двух барабанчиков одного размера и с равным натяжением мембраны более толстая мембрана должна оказывать большее противодействие импульсу и, следовательно, вызывать большее запаздывание сигнала; [2])

5) *противодействием арматуры барабанчиков*, при чем под арматурою разумеем всю совокупность приспособлений для передачи движений мембраны пишущему рычажку; сюда относятся: вес стерженька или подставки, сочленяющей мембрану с рычажком; место на рычажке этого сочленения по отношению к оси вращения и свободному концу рычажка, а также длина и вес рычажка; трение в шарнирах, которое увеличивается еще тем обстоятельством, что движение, которое стерженек рычажка получает от мем-

[1]) Указываемая неправильность натяжения обнаруживается после того как будут обрезаны края натянутой на барабанчик мембраны, а именно тем, что в оставшемся для натяжения куске мембраны получается овальное отверстие вместо круглого. Для достижения правильности в натяжении мембраны можно рекомендовать начертить предварительно на куске мембраны кружок меньшего радиуса, чем радиус барабанчика, и затем натянуть мембрану на барабанчик так, чтобы растянутый кружок сохранил свою форму и был бы концентричным окружности барабанчика; вместе с тем степень удлинения радиуса у нарисованного кружка могла бы служить показателем степени натяжения мембраны (известной толщины и качества) для барабанчика того или другого размера. Натянутая мембрана от постукивания по ней издает определенный звук, высота котораго однако трудно поддается исследованию, так как звук оказывается сложным, неодинаковым по высоте в средине и у краев, и в нем участвует тон чашечки; особенные трудности представляют барабанчики с малым диаметром.

[2]) Мы применяли для наших больших барабанчиков мембрану средней толщины—около 0,45 милл., а для барабанчиков обоих малых размеров более тонкую мембрану—около 0,3 милл. (толщина определялась при помощи толщемера).

браны как перпендикулярное к плоскости мембраны, переходит с передачею пишущему рычажку в дуговое. [1])

6) *прижатием пишущего рычажка* к поверхности цилиндра, при чем более сильное прижатие, очевидно, будет способствовать регистрационному замедлению, которое поэтому должно исследоваться особо для слабого и сильного прижатия; заметим, что иногда во время одного и того же оборота степень прижатия может изменяться, если бумага, облегающая цилиндр, не везде одинаково плотно прилегает к последнему; задержка сигнала может вызываться также неровностями недостаточно гладкой бумаги, а также густою ея копотью.

7) *степенью быстроты импульса*: более быстрый импульс скорее преодолеет инертность мембраны, а потому скорее и вызовет регистрацию, откуда следует, что регистрационное замедление нужно исследовать особо для более быстрых и более медленных импульсов, отражающихся на графиках более крутым или же более пологим подъемом кривой [2])

Теперь мы опишем постановку некоторых наших *опытов* по испытанию регистрационного замедления сигнальных барабанчиков и установлению синхронизма их записей, с указанием полученных результатов. Так как при этих опытах кроме постоянных условий влияют еще и случайные моменты, каковы напр. последние два из только что перечисленных, то регистрационное замедление одних и тех же барабанчиков представляло колебания в некоторых пределах, поэтому мы не ограничивались одним опытом, а производили ряд таковых и из них вычисляли среднюю величину.

---

[1]) Для большей ясности позволю себе иллюстрировать сказанное на рисунке (рис. 42), изображающем схематически устройство регистрирующего воздушного барабанчика: к металлической скобке (*ae*) прикреплен с одной стороны воздушный барабанчик (*b*) с трубочкой (*c*) для насадки каучуков, а с другой стороны сочленен пишущий рычажок (*gh*) посредством шарнира (*g*), служащего осью вращения; к средине мембраны барабанчика приклеена небольшая круглая металлическая пластинка (диск), с которой сочленен посредством шарнира (*e*) или же просто припаян маленький стерженек, который другим своим концом подходит под пишущий рычажок (на некотором расстоянии от оси вращения последнего), где и скрепляется с ним с помощью или шарнира, или же резиноваго колечка. Такая сложная арматура не может не влиять в большей или меньшей степени на замедление, и почти все исследователи стараются усовершенствовать конструкцию барабанчиков в смысле уменьшения трения; но работа в этом направлении еще не завершилась.

[2]) Исследование регистрационного замедления в зависимости от быстроты импульса и кроме того в сопоставлении с варьянным и синхронным отношением производил E. A. Meyer (см. его статью „Beiträge zur deutschen Metrik“ в журнале Die neueren Sprachen. B. VI. 1898, стр. 35—36). По отношению к слишком пологому под'ему кривых (от медленных импульсов) автор совершенно правильно указывает, что в этих случаях затруднительно точное определение начала под'ема вследствие неясности точки отхода кривой (см. Ержов, „Эксперим. фонетика“, 1903, стр. 50; E. A. Meyer, l. c., стр. 30).

В качестве примера остановимся на опытах с большими барабанчиками (№№ 2 и 3, барабанчик же № 1 служил нам для другой цели, о чем речь в следующем параграфе). Записав сигнализацию каждого из них по отдельности в связи с одновременною электрическою при помощи соответственно приспособленного губного прибора Розапелли (см. рис. 39), при чем было обращено внимание на быстроту импульсов и тонкость их записи, мы затем исследовали полученные графики (см. схемы их на рис. 43 и 44)[1] с помощью измерительного микроскопа в отношении регистрационного замедления. Для этого мы прочертили пишущим рычажком вертикали *(aa')*, засекающие в характерных пунктах сравниваемые сигнальные линии; самое прочерчивание вертикалей происходит таким образом, что, приведя перышко в соприкосновение с поверхностью цилиндра в требующемся пункте, передвигают затем тележку штатива по рельсам, при чем перышко прочерчивает требующуюся вертикаль, по отношению к которой и определяется момент того и другого сигнала.[2]

Исследование наших сигнальных кривых показало, что, не смотря на одинаковый размер и конструкцию, барабанчик № 2-й об-

[1] На рисунках Эл. = линия электрического сигнала, б.б. = линия большого барабанчика, стрелкою мы обозначали направление кривых. Графики представлены так, как они чертились на цилиндре, обыкновенно же, ради удобства непосредственного рассматривания в микроскопе, мы располагаем графики в горизонтальном направлении.

[2] При прочерчивании вертикалей необходимо, чтобы *рельсы тележки* были параллельны к оси или образующей цилиндра (для этого у тележки с боку ее рамы выступают два небольших стерженька с делениями, способных выдвигаться и вдвигаться и закрепляться на определенном делении, так что расстояние между тележкою и цилиндром может быть правильно и точно установлено, а плоскости рам у тележки и цилиндра вполне горизонтальны — последнее легко устанавливается с помощью уровня, так как наклон обеих рам может быть изменен с помощью винтов. Так как, однако, абсолютную параллельность гарантировать невозможно, то необходимо прочерчивать вертикали на графиках при непотревоженности тележки; только тогда можно признать все измерения точными, так как возможная погрешность будет одна и та же как в записях, так и в проводимых вертикалях, а потому будет уничтожаться. Если же, напротив, после записи тележка будет убрана и затем вновь приставлена, то прочерченные по данной графике вертикали [illegible] не будут вполне точны в том случае, если тележка приняла [illegible] измененное положение по отношению к оси или образующей цилиндра. Точно также [illegible] сохранение неподвижного [illegible], на которую [illegible] регистрирующие барабанчики и которая также должна быть параллельна к цилиндру [illegible] тележки и в [illegible] могут оказаться [illegible] в случае [illegible], который, под влиянием трения о поверхность цилиндра, будет то [illegible] отставать [illegible] в сторону во время прочерчивания вертикалей, вызывая тем самым неправильность линии, которая уже не будет вполне прямой и параллельной к оси цилиндра. В заключение заметим, что некоторое неудобство, связанное с установкою тележки, не существует при новейшей конструкции цилиндров, где вместо тележки со штативом для писчиков и приборов присоединяется постоянная [illegible] к самому цилиндру (таков кимограф [illegible] и лучшие цилиндры фирмы [illegible]; [illegible] известно, что цилиндр [illegible] в кабинете экспер. фонетики при Петроградском ун-те), хотя здесь в свою очередь могут оказаться иные неудобства.

наружил, при одинаковых по длине и диаметру каучуковых трубках, меньшее запаздывание сигнала, нежели барабанчик № 3-ий. Так, при длинном каучуке (более одного метра) в *средних выводах* сигнал барабанчика № 2 отставал от электрического сигнала на 0,014", тогда как сигнал барабанчика № 3 при тех же условиях—на 0,02", при каучуках же более коротких (короче полуметра) замедление в сигнале барабанчика № 2=0,007" и барабанчика № 3=0,011".[1] Не надо забывать, что цифры эти указывают на относительное замедление воздушного сигнала; абсолютное же замедление должно выразиться слегка большею величиною, так как сюда должно присоединить еще и замедление электрического сигнала, приблизительно равное 0,002" (см. стр. 8, сноску 2).[2] Разница в регистрационном замедлении того и другого барабанчика в наших опытах имела сопутствующим им обстоятельством различную степень натянутости мембраны данных барабанчиков, мембрана барабанчика № 3 была натянута, как мы убедились специальными опытами (о которых ниже), сильнее по сравнению с натяжением барабанчика № 2. Не [illegible], что если бы затем в экспериментально-фонетической записи участвовали одновременно оба названные барабанчика без электрической сигнализации, то пришлось бы считаться лишь с разностью (d) их сигналов, получающейся путем вычитания регистрационного замедления одного барабанчика из замедления другого:

d (при длинном каучуке) = 0,02"—0,014"=0,006",

d (при коротком каучуке) = 0,011"—0,007"=0,004".[3]

Такая [illegible] для установления синхронизма в [illegible] двух [illegible] данными барабанчиком [illegible] должны [illegible] времени барабанчика № 2 [illegible] 0,004", чтобы [illegible] соответствующий момент [illegible] барабанчика № [illegible] при обратном [illegible] переходе от [illegible] барабанчика № 3 к [illegible] суммы произвести вычитание). Кроме того [illegible] видно, что [illegible] барабанчиков в отдельности

[1]) [illegible] разницу в регистрационном замедлении при длинном каучуке и коротком не следует всецело относить на счет разницы во времени передачи импульса по каучукам, так как сюда [illegible] момент [illegible] импульса при передаче, которое будет [illegible] при длинном каучуке, почему в этом последнем случае потребуется [illegible] времени для преодоления инертности сигнальной арматуры.

[2]) Возможны случаи, когда регистрационное замедление у воздушного барабанчика доведено до **minimum'a**, равного регистрационному замедлению электрического сигнала, и тогда оба сигнала совпадут по времени, что иногда у нас и случалось.

[3]) Вполне понятно, что если бы барабанчик № 3 был натянут [illegible] то разность d выражалась бы [illegible] числом, а при равенстве натяжения (и тождественности других условий) с барабанчиком № 2 разность d равнялась бы нулю.

по сравнению с электрическим сигналом может представлять величину, выражающуюся в сотых долях секунды и следовательно не очень малую, то разность их замедлений, существенно важная при установлении синхронизма, может выражаться в тысячных долях, и пренебрежение столь малою величиною во многих случаях может не влиять на выводы исследователя. Само собою разумеется, что если графика записана только одним каким-либо барабанчиком, то его замедление совершенно не входит в рассмотрение.

Только что описанный опыт мы видоизменили затем таким образом, что воздушную передачу от губного прибора (при одновременной электрической) направили *через посредство развилки* по коротким каучуковым трубкам *одновременно к двум* названным *барабанчикам*; полученные графики (см. рис. 45) дали в средних выводах замедление по отношению к электрической сигнализации для того и другого барабанчика несколько большее (что вполне естественно, так как здесь один и тот же импульс разбивался на два русла и вследствие того становился более слабым, а это в свою очередь увеличивало запаздывание сигналов), но гармонирующее с прежними числами, именно: для барабанчика № 1 замедление в среднем выводе равнялось 0,014" и для бараб. № 2 — 0,019", откуда *d* (относительная разность между сигналами барабанчиков) = 0,019" − 0,014" = 0,005". Согласие полученного результата с результатом от вышеприведенной постановки опыта приводит к тому важному заключению, что для определения соотношения по синхронизму между двумя регистрирующими барабанчиками, когда требуется знать лишь относительную разность их сигналов по времени, достаточно ограничить испытание по способу развилки *без участия электрического сигнального аппарата*, а с этой целью требующийся импульс можно производить с большим удобством посредством гортанной капсулы (вместо губного прибора) коротким ударом по мембране последней. Если в опыте должны участвовать не два, а три воздушных барабанчика, то необходимо продолжить сличение, беря теперь один из исследованных барабанчиков и сопоставляя его с третьим (опыта с развилкою для трех отводных каучуков мы не ставили). Принимая во внимание легкость установления отношений синхронизма барабанчиков указанным нами упрощенным способом мы считаем необходимым принять за правило — испытывать синхронизм барабанчиков, участвующих в опытах, перед каждою отдельной серией таковых или в конце ее, ибо мембрана у барабанчиков со временем утомляется и притом в неодина-

[illegible] степени, а в таком случае изменяется и соотношение синхронизма[1])

Примечание. Может однако случиться, что верхушки барабанчиков, участвующих в опыте и испытанных в отношении синхронизма, почему либо не удается точно установить на одной вертикали; в таком случае можно оставить барабанчики в данном положении, но только при вычислении нужно будет принять в расчет то расстояние, на которое один [illegible] отставать в опыте по отношению к другому.

4) Дальнейшее определение индивидуальности регистрирующих воздушных барабанчиков — масштабы от грузов, собственные колебания мембраны, отягченной регистрирующею арматурой. В предыдущем параграфе мы указали на ряд условий [illegible], которые влияют на регистрационное заметным [illegible] которых вместе с тем [illegible] индивидуальность регистрирующих барабанчиков. Определить эти условия в каждом данном случае значит и определить индивидуальность работающего [illegible] барабанчика. Самое же определение индивидуальности барабанчиков, [illegible] для [illegible] экспериментальных работ, [illegible] что дает возможность другим исследователям [illegible] при [illegible] опыты в тех же по возможности условиях и таким путем [illegible] исследование. Из условий, определяющих индивидуальность регистрирующих воздушных барабанчиков, [illegible] способы определения [illegible].

Уже [illegible] опыты над [illegible] регистрации позволяют [illegible] как показывает рассмотрение соответствующих [illegible] графиков (рис. 13—[illegible]), два однородных барабанчика (т. е. одинаковой конструкции и размеров, затянутых [illegible] одинакового по [illegible] и [illegible] мембраною, [illegible] от одного и того же [illegible] опыт [illegible] одинаково [illegible] иными словами — [illegible] графики [illegible], причем барабанчик с более тугим [illegible] мембраной [illegible] значительно [illegible] менее [illegible] по [illegible] амплитуды [illegible] должны [illegible] степени [illegible]

[1]) Укажем еще на необходимость, чтобы [illegible] работающих [illegible] барабанчиков [illegible] диаметра. В самом деле, произведя опыты над [illegible] 2 и 3 [illegible] трубках с [illegible] имел [illegible] трубку (с внутренним [illegible] другой — узкую (с внутр. диаметр. 3 [illegible]) [illegible] указанные в [illegible] параграфе, [illegible] № 2 [illegible] у барабанчика № 3 [illegible] при обратном расположении [illegible] до нуля. [illegible] при [illegible] стенки [illegible] и твердых стенок.

браны. Прежде всего мы должны уяснить себе, что̀ выражает собою самое отклонение рычажка от абсциссы, т. е. вследствие чего это отклонение происходит. Не трудно ответить на этот вопрос при знакомстве с устройством регистрирующих воздушных барабанчиков. Дело в том, что воздушный барабанчик затянут резиновой мембраной, и всякое изменение в давлении заключенного в нем воздуха действует на мембрану, а через нее и на рычажок. Мы находим возможным вычислять в *весовых единицах* силу этого напора и вызываемого им отклонения рычажка. В самом деле, если мы будем подвешивать к средине мембраны регистрирующего барабанчика различные грузы, то перышко будет отклоняться от абсциссы на различные высоты, а таким образом мы получим *масштаб*, указывающий, действию каких грузов соответствуют его деления, а на основании этих данных не трудно составить таблицу, в которой высоты отклонений будут измерены в миллиметрах или же в делениях микрометра, а сила, отклоняющая рычажок до той или другой высоты, будет указана в граммах или других весовых единицах. Вполне понятно, что составленная таблица пригодна лишь для данного барабанчика с его индивидуальными особенностями и только при данном натяжении мембраны; другое же натяжение мембраны, равно как и другие барабанчики с их индивидуальными признаками будут иметь иные масштабы и потребуют и другие таблицы.

Что касается *техники [illegible]*, то она допускает разные варианты, из которых укажем главнейшие: 1) прикрепив один конец [illegible] к [illegible] стерженьку пишущего рычажка, находящемуся в центре мембраны, [illegible] через [illegible] — через [illegible], и подвешивать к свободному концу нити разные грузы ([illegible] рис. [illegible])[1]; 2) можем взять особый барабанчик [illegible] № 1, затянутый мембраной [illegible] и соединить его [illegible] пишущего барабанчика [illegible] мембрана пишущего барабанчика [illegible] подвешивания грузов (рис. 47). Этот второй способ постановки опытов нужно признать менее [illegible] масштаб является [illegible] двух [illegible] двух мембран,

[1] При [illegible] положении цилиндра кимограф Вердина может быть [illegible] которым [illegible] мы не пользовались при [illegible], так как к нему нет тех удобных [illegible], какие имеются для горизонтального [illegible], при чем мембрана пишущего барабанчика [illegible] груз подвешивается к стерженьку без [illegible] При такой постановке опыта масштаб выходит несколько [illegible] масштаб будет неодинаков, оставим ли входную трубку [illegible] открытой или закроем ее отверстие.

при чем одна своим осаждением под влиянием груза уплотняет воздух замкнутого пространства, вызывая этим путем выпячивание мембраны регистрирующего барабанчика, [1]) между тем как в первом случае масштаб является функцией только одного регистрирующего барабанчика (кроме того, замена во втором случае барабанчика, служащего для накладывания грузов, каким-либо другим, естественно изменит и масштаб). Ставя наши опыты, мы убедились, какое важное значение для точности результатов имеет то обстоятельство, чтобы каучуковые трубки были плотно насажены на входные трубочки барабанчиков, а самые барабанчики действительно герметически затянуты мембраной: только при этом условии перышко по снятии груза точно возвращается к абсциссе, в противном же случае не доходит или же переходит за нее, так что получается как бы новая абсцисса (кроме того, для большей точности грузы должны быть выверены). Для иллюстрации мы представим образцы полученных нами масштабов для больших барабанчиков №№ 2 и 3 при разных способах испытания (см. рис. 48 и 49). Из представленных графиков не трудно видеть, что отклонения мембраны действием грузов происходит весьма равномерно, по крайней мере в пределах средних высот, а именно: отклонения эти в общем пропорциональны грузам. [2]) Этот результат исследования представляет ту важность, что позволяет делать выводы о степени воздушного напора на регистрирующую мембрану при фонетических записях путем простого измерения и сравнения высот данной кривой (поскольку важно знать относительную, а не абсолютную величину напора). Здесь мы хотим повторить то, что уже указывалось нами раньше, а именно, что мембрана должна быть хорошего сорта, ибо при плохом качестве мембраны отклонения ее грузами, как показали нам опыты, теряют в своей равномерности; кроме того мембрана должна быть достаточно свежей, ибо в противном случае она, будучи выведена из равновесия, теряет в своей способности точно возвращаться к исходному положению.

Примечание: Кроме указанного нами способа определения чувствительности регистрирующих барабанчиков посредством грузов, можно воспользоваться для той же цели воздушным шприцем, соединив его отверстие коротким обрезком каучуковой трубки с входною трубкою испытываемого барабанчика: вдавливание разных объемов воздуха будет вызывать соответствующие им масштабы (срв. Rousselot стр. [illegible]).

---

[1]) При этом способе мы принуждены были вместо граммовых гирь брать аптекарские меры, гирьки которых, имея кубическую форму, удобно могли накладываться одна на другую, при чем основание грузов могло оставаться одним и тем же, что очень важно, так как изменение площади груза, хотя бы и одного веса, не может не влиять на масштаб.

[2]) Очень небольшие грузы, а также слишком значительные, давали показания, отступающие от правильного масштаба в сторону уменьшения: в первом случае эта неправильность зависела от заметной при малом грузе траты энергии на преодоление инертности мембраны, а в последнем случае от препятствий, связанных с дуговым оттяжением мембраны.

Однако одни масштабы сами по себе еще недостаточны для полного определения индивидуальности сигнальных барабанчиков, так как высоты график зависят не только от рода барабанчика и натяжения его мембраны, но еще и от *длины пишущего рычажка и положения на нем точки сочленения со стерженьком мембраны*, а потому эти данные должны быть также указываемы в дополнение к масштабам. По этому поводу заметим, что у наших барабанчиков длина пишущего рычажка приблизительно=100 мм., при чем она в семь раз превосходит длину малого плеча, примыкающего к оси вращения и, следовательно, во столько раз увеличивается высота чертимой графики по отношению с поднятием (или осаждением) стерженька и мембраны, как можно видеть из рисунка 50: [1])

$$\frac{AB}{CD}=\frac{OA}{OC} \quad \text{или} \quad \frac{h}{H}=\frac{r}{R}$$

Итак, более слабое натяжение мембраны и большая длина рычажка способствуют получению график большей высоты, тогда как более сильное натяжение мембраны и меньшая длина рычажка дадут под влиянием тех же импульсов графики меньшей высоты.

Что касается физиологической роли самого отклонения пишущего рычажка, то оно —как мы знаем—непосредственно вызывается изменением плотности воздуха в воздушном барабанчике, а это последнее с точки зрения физиологической причины представляет следующие три случая: 1) изменение обусловливается напором фонационного тока воздуха, что бывает при пользовании амбушюром, а также носовою капсулою, 2) изменение обусловливается перемещением работающей части говорильного аппарата, как это мы видим при употреблении пневмографа, губного прибора Розапелли и иногда гортанной капсулы, 3) изменение вызывается вибрационным состоянием гортани и выражается на графиках амбушюра и гортани амплитудою вибраций.

Чтобы закончить вопрос об определении индивидуальности регистрирующих барабанчиков, мы должны еще сказать несколько слов о *собственных колебаниях* их *мембраны*, вызванных тем или иным способом и регистрируемых ее рычажком. Колебания эти могут быть легко вызываемы губным прибором Розапелли, так как

[1]) Слишком большая разница между малым плечом рычажка и большим обусловливает худшее качество график, в чем мы убедились, применяя прежние барабанчики Вердэна (диам.=3,3 сант., малое плечо рычажка 3 мм., общая длина=100 м.м.), обладающие этим недостатком, почему мы обычно избегаем пользоваться этими барабанчиками при фонетических опытах, особенно при записи голосовых вибраций.

быстрое сомкнутие его пластинок вызывает быстрый воздушный толчок на мембрану записывающего барабанчика, которая под влиянием его приходит в колебательное состояние и дает ряд постепенно затухающих вибраций. Исследование под микроскопом полученной таким путем вибрационной линии в отношении высоты тона может служить также для целей определения индивидуальности соответствующего регистрирующего барабанчика при данном натяжении его мембраны. Прибавим, что если на том же штативе или его ветке кроме большого барабанчика наряжен еще маленький, каким пользуются для записи гортанных вибраций, то он под косвенным действием того же удара пластинок губного прибора также даст вибрации но они будут гораздо мельче, соответственно размеру барабанчика и натяжению его мембраны и могут быть также исследованы и в отношении к высоте тона. Такого рода опыты могут быть весьма полезными в качестве критерия при исследовании природы тех голосовых график, давая уверенность в том, что при графике к голосовым вибрациям не присоединены собственные колебания мембраны регистрирующего барабанчика. Следующий пример может служить для подтверждения сказанного. Записывая звукосочетания *ПА*, *АП* и т. п. одновременно губным прибором и гортанною капсулою, мы нередко получали в начале смычки, т. е. в момент сомкнутия губных пластинок прибора (а иногда и при моменте взрыва губ) очень мелкие вибрации на линии гортани, не соответствующие высоте голоса и голосовым вибрациям (см. рис. 51). Сначала нам казалось возможным истолковать эти вибрации в таких случаях, как *АП*, в смысле озвончения глухого согласного в начальной его части под влиянием предшествующего гласного, но внимательное изучение таких график указало нам вышеуказанную истинную причину явления.[1])

5) Проекционные поправки к графикам и практическое их выполнение. Мы уже знаем, что пишущий рычажок, касаясь поверхности неподвижного цилиндра, под влиянием импульсов описывает в качестве радиуса некоторую дугу. Теперь представим себе, что цилиндр не остается неподвижным, но уходит из под рычажка, равномерно вращаясь с определенной скоростью; при этом новом условии конец пишущего рычажка уже не будет прочерчивать дугу по одному и тому же месту, но будет прочерчивать кривую, проходящую уже по новым местам поверхности цилиндра, при чем более быстрое или же более медленное движение перышка будет выражаться большею крутизною или же большею пологостью

[1]) Всех случаях, когда в опыте не участвовал губной прибор, а только гортанная или носовая капсула, то мы естественно уже не встречали таких вторичного происхождения вибраций.

склонов кривой; и если рычажок в тот или другой момент остается неподвижным, то он будет прочерчивать прямую параллельную абсциссе или же совпадающую с последнею (если только в этот момент рычажок находится на ее уровне). Полученная графика дает возможность определять каждую точку ее не только по отстоянию от абсциссы, но вместе и по времени от исходного момента. На первый взгляд кажется, что такое определение весьма просто: опущенный на абсциссу перпендикуляр покажет высоту точки над абсциссою, а отрезок абсциссы от начала кривой до основания перпендикуляра, измеренный миллиметровою линейкой или посредством измерительного микроскопа, может быть легко переведен на время, если известна скорость вращения цилиндра. Однако такое проецирование точек кривой на абсциссу не может считаться правильным. В самом деле, раз пишущий рычажок при неподвижном положении цилиндра чертит не прямую, перпендикулярную к абсциссе, а дугу, то очевидно, что всякая точка кривой, прочерченной тем же рычажком при вращении цилиндра, должна проецироваться на абсциссу по такой же дуге; вполне понятно, что при рычажках разной длины дуга будет иметь неодинаковую кривизну, а в зависимости от этого и проекционная поправка к одной и той же высоте будет неодинакова.

Пусть имеем симметричную кривую ABCDEF (см. рис. 52) с опущенными на абсциссу перпендикулярами из точек B, C, D, E, при чем допустим, что расстояния между получившимися точками на абсциссе совершенно равны между собою. Проведем теперь с помощью циркуля, при растворе ножек, равном длине пишущаго рычажка, дуги на абсциссу из точек B, C, D, E, при чем другая ножка циркуля, соответствующая центру должна получать свое место на линии абсциссы AN. Из рисунка мы видим, какое положение займут точки кривой при проецировании по дугам на абсциссу: графика ABCDEF выразится на прямой чрез $A B_1 C_1 D_1 E_1 F$, т. е. все точки будут приходиться на абсциссе на некотором удалении от оснований соответствующих перпендикуляров по направлению к исходному пункту кривой и притом неодинаковом в зависимости от высоты точек над абсциссою, а вследствие этого отрезки абсциссы между дугами уже не будут равны между собою и не будут соответствовать отрезкам той же абсциссы между перпендикулярами, и таким образом наглядно обнаруживается неточность проецирования точек кривой путем перпендикуляров. [1])

Примечание Если мы перерисуем нашу симметричную кривую соответственно новым проекционным точкам абсциссы при тех же высотах, то естественно будем иметь несимметричную кривую $A B_1 C_1 D_1 E_1 F$, с

---

[1]) Дуговое проецирование можно производить также пользуясь заранее проведенными на кальке дугою данного радиуса и абсциссою.

более крутым левым склоном и более пологим правым, точки которой будут теперь проецироваться на абсциссу уже по перпендикулярам (см. рис. 53). Существуют даже механические приспособления для такого перерисовывания, но нам кажутся они имеющими скорее теоретический интерес, нежели практическую применимость при тех относительно малых размерах, какие представляют наши графики, обычно изучаемые под микроскопом; во всяком случае при таких размерах уже самая перерисовка сопряжена с значительными неточностями, еще более преувеличивающимися при исследовании перерисованной фигуры под микроскопом.

Для определения тех поправок, какие нужно внести в данные, полученные от проецирования точек графической кривой по перпендикулярам, возможно применить и математическое вычисление. Возьмем для примера одну из высот нашей кривой (см. рис. 54). Из рисунка (где h — высота данной точки над абсциссою, r — длина пишущего рычажка как радиуса) видно, что задача сводится к определению поправки x равной линии C_1M (т. наз. „стрела"), которая в геометрии вычисляется по формуле:

$$x = \frac{h^2 + x^2}{2r}.$$

откуда, полагая x^2 весьма малым и отбрасывая его, имеем

$$x = \frac{h^2}{2r},$$

т. е. поправка равняется квадрату высоты данной точки над абсциссою, разделенному на двойную длину рычажка-радиуса.

Пользуясь этою приблизительною формулою, составим таблицу поправок для разных высот при длине рычажка в 100 мм., причем поправки в долях миллиметра переведем ещё на время применительно к нашей средней скорости вращения цилиндра, т. е. принимая $^1/_2$ мм. = 0,01."

Высота точки над абсциссою	Соответствующая поправка в долях миллиметра	Та же поправка в долях секунды на средней скорости
h = 1 мм.	x = 1/200 мм.	0,0001"
h = 2 мм.	x = 4/200	0,0004"
h = 3 мм.	x = 9/200	0,0009"
h = 4 мм.	x = 16/200	0,0016"
h = 5 мм.	x = 25/200	0,0025"
h = 6 мм	x = 36/200	0,0036"
h = 7 мм.	x = 49/200	0,0049"
h = 8 мм.	x = 64/200	0,0064"
h = 9 мм.	x = 81/200	0,0081"
h = 10 мм.	x = 100/200 или 1/2 мм.	0,0100" т. е. 0,01
h = 20 мм.	x = 400/200	0,0400"

Из приведенной таблицы видно, что разности между поправками с каждым новым миллиметром высоты прогрессивно возрастают, как и самые поправки; это обстоятельство представляет особенную важность при оценке тех голосовых график, на которых вибрации расположены под значительным наклоном к абсциссе; очевидно, вибрации в этом случае по мере под'ема или же спуска будут требовать неодинаковых поправок, при под'еме—прогрессивного укорочения (т. е. повышения тона), а при спуске прогрессивного удлинения (т. е. понижения тона). Однако задача эта настолько сложна, что лучше предпочесть вовсе не исследовать такие кривые, тем более, что с применением самых малых регистрирующих барабанчиков записи могут получаться совершенно горизонтальные и следовательно не требующие поправок.

Однако наша таблица поправок имеет лишь приблизительный характер: она дает поправки с некоторым уменьшением, так как в формуле, по которой таблица составлена, в числителе отброшена сравнительно небольшая величина x^2. Что же касается вполне точных поправок, то такие повидимому не трудно получить практически через применение графического метода следующим образом (см. рис. 55). Установив рычажок сигнального воздушного барабанчика в перпендикулярном положении к краю цилиндра (напомним, что последний при наших опытах имеет горизонтальную установку) и спустив перышко на поверхность цилиндра, проводим абсциссу; затем из какой-либо точки абсциссы прочерчиваем в ту или другую сторону дугу (напр. помощью предварительно присоединенного амбушюра), а в точке пересечения ее с абсциссою—вертикаль, которая вместе с тем должна быть касательною к прочерченной дуге. Теперь, слегка повертывая цилиндр, прочерчиваем ряд коротких линий, параллельных абсциссе, таким образом, чтобы они пересекали вертикаль и дугу и находились в возможно близком друг к другу расстоянии; отрезки этих линий, заключенные между вертикалью и дугою, т. е. отрезки NM, N'M', N"M" и т. д. и составляют поправки для соответствующих высот, т. е. для AN, AN', AN" и проч. Мы можем далее измерить посредством микроскопа, снабженного микрометром, высоты и соответствующие им отрезки, и таким образом выразим поправки в микрометрических делениях. Но так как произведенное засечение высот на разных расстояниям от абсциссы имеет несколько случайный и во всяком случае не исчерпывающий характер, то нанеся измеренные высоты и поправки к ним на координатную бумагу, мы можем путем интерполяции устанавливать поправки и для любых промежуточных высот. Нам остается прибавить, что вместо касательной мы можем провести параллельную ей хорду (BD) и измерять отрезки между нею и дугою (напр. MP, M'P' и т. д.), при чем придется вычитать их из рас-

стояния (AC) между хордою и касательною, которое проще всего определить по абсциссе, проходящей через середину хорды и точку касания.

Указанный нами графический прием получения действительных поправок [illegible] довольно громоздок и, кроме того, применим далеко не всегда по той простой причине, что рычажок записывающих барабанчиков не всегда можно установить в точном перпендикулярном положении к краю цилиндра, так как нередко случается, что в своем исходном положении рычажок занимает [illegible] наклонное положение к краю цилиндра, напр. OA' или AO', [illegible] в этом случае абсцисса XQ' или X'Q' уже не будет проходить через середину дуги и будет делить хорду не пополам, а на две неравные части BD' и CD' или BD'' и CD'' (см. рис. 56). В виду этого усложнения мы считаем наиболее простым и вместе наиболее целесообразным приемом — *проектирование по дугам* (*особенно для кривой, круто подымающейся в начале или же конце*) *тем радиусом, которым производилась запись*, и для сохранения их установки и, следов., *независимо от исходной угловой абсциссы*, независимо от того, было ли при этом исходное положение рычажка строго-перпендикулярное к краю цилиндра или же несколько наклонное. Более того, если мы снабдим окружность основания цилиндра миллиметровою зубчатой шайбой, при чем в зубчики будет опускаться посредством пружины прочно установленный язычок, то, поворачивая цилиндр с помощью этого приспособления правильно по миллиметрам, мы легко [illegible] данной кривой посредством [illegible] рычажка [illegible], а где нужно, дугами, отстоящими одна от другой на одно и то же миллиметровое расстояние, а это весьма важно при сравнительном синхронистическом исследовании совместно записанных кривых, напр. гортанной и губной, или т. п.

[illegible] видеть, что проектирование точек кривой на абсциссу по перпендикулярам может вести к существенным неточностям в вычислениях, особенно если точки значительно удалены от абсциссы. Для наглядности возьмем конкретный пример. Записывались одновременно носовые вибрации посредством гортанной капсулы и носовой оливы при произношении гласных и слогов. Носовые вибрации были по [illegible] абсциссы, а [illegible] проектирование; между тем [illegible] графика, с приближением гортанной капсулы к шее, значительно отклонялся от первоначальной своей абсциссы (см. рис. 57). Если мы начало гортанных вибраций (M) будем проецировать на абсциссу по вертикали (в точку P), то окажется, что гортанные вибрации начались значительно позже носовых, уже успевших дать несколько колебаний [1]. Но если мы будем будем проецировать точку M на абс-

[1] Такая разница по времени между начальными моментами вибрации той и другой графики, варьировавшая в зависимости от различия в перемещениях гортани и, следовательно, надавливания последней на мембрану капсулы и ее барабанчика, доходила до 0,14", что при длине пишущего рычажка в 10 сант. получалось при отклонении пишущего кончика его на 20 мм. от

циссу по дуге, то окажется, что дуга засечет абсциссу в точке P', лежащей как раз на одной вертикали с точкой N, и стало быть—вибрации гортанные и носовые начались в одно время. Таким образом, проецирование по перпендикуляру гортанной записи привело бы нас к совершенно ложному выводу. [1])

6) **Микроскопическое изучение график со стороны длительности, а также высоты, силы и характера голосового тона.** Всякое точное исследование стремится к *измерению*; а так как наше произношение протекает во времени, то при экспериментально-фонетических исследованиях прежде всего необходимо иметь соответствующую **меру временной длительности** (субъективное определение времени на основании непосредственной слуховой оценки является слишком неопределенным и способным грешить от предвзятых мнений); мера эта должна быть достаточной для исследования столь мимолетных величин, какими являются звуки произносимой речи и их простейшие элементы. Такую меру при графических записях мы имеем в хорошем камертоне, вибрации которого равны между собою, при чем они должны быть записаны на равномерно вращающемся цилиндре, служащем и для записывания произношения. Если камертон делает 100 колебаний в секунду, то длина каждой из его вибраций, записанных на цилиндре при данной скорости вращения, будет соответствовать одной сотой секунды (0,01″); прилагая эту меру к нашим графикам, мы будем выражать *временную длительность* как целой записи, так и любого ее участка, в сотых долях секунды, так что если последний равен напр. восьми вибрациям камертона, то это будет значить, что произносительная работа в этом участке совершалась в течении 0,08″. и т. д.

Примечание. В общем виде такая арифметическая операция может быть выражена формулой

$$t = \frac{L}{\lambda} = c,$$

где t—искомое время длительности измеренного участка графики, λ—длина одной вибрации камертона (дающего 100 колебаний в секунду) в качестве единицы меры, L—длина целого участка, выраженная в этих единицах, c—окончательное число. Если однако камертон делает не 100 колебаний в секунду, а другое число, напр. 150 или т. п., временную же длительность участка нужно определить по расчету на 100 камертонных вибраций в секунду, в таком случае полученное время (c) участка надо помножить $^{100}/_{150}$, т. е. на $^{2}/_{3}$ (при обратном же переходе от меры камертона в 100 колебаний к мере камертона в 150 колебаний результат измерения множится на $^{150}/_{100}$ или $^{3}/_{2}$). Напомним, что с переменою одной скорости равномерно вращающегося цилиндра на другую λ будет выражать уже иную длину.

---

[1]) Необходимо оговориться, что вышеупомянутого перемещения гортанной абсциссы не трудно избежать, если взять для записи самый малый барабанчик, а каучуковую соединительную трубку снабдить небольшим металлическим вентилятором: если открыть этот последний, то повысившееся давление внутренней воздушной среды уравняется с наружным воздухом, и тогда рычажок возвратится к исходному своему положению.

Таким образом, если ухо может дать лишь самые общие указания о большей или меньшей длительности звуковых элементов в произносимых слогах, напр. ударяемых и неударяемых гласных, то экспериментальная фонетика позволяет иметь числовые величины. Однако некоторые элементы в получаемых графиках, как напр. голосовые вибрации, настолько мелки, что представляется огромным затруднением сравнивать их как между собою, так и с вибрациями камертона. В этом случае на помощь является, как мы знаем, измерительный *микроскоп*, окуляр которого снабжен микрометрическими делениями. [1]) Предварительно нужно исследовать этим микроскопом запись камертонных вибраций. Каждую вибрацию микроскоп увеличит, при чем она, благодаря микрометру, будет представляться при рассматривании пересеченной делениями микрометра (см. рис. 58). Нужно определить, сколько делений микрометра приходится на одну вибрацию нашего камертона, делающего 100 колебаний в секунду (при нашем камертоне это для средней скорости составляет $7^1/_2$ делений), а затем этим числом заменяется камертонная мера, т. е. на место одной вибрации камертона, соответствующей по времени 0,01″, подставляется новая эквивалентная единица меры, в нашем случае $7^1/_2$ деления микрометра, которая и применяется при микрометрическом измерении фонетической графики, записанной на данной скорости. Если, напр., участок изучаемой графики занимает 60 делений в окуляр-микрометре нашего микроскопа, то для перевода на время мы должны разделить 60 на $7^1/_2$ и тогда узнаем, скольким сотым секунды он отвечает ($60:7^1/_2 = 8$, т. е. данный участок = 0,08″).

Примечание. Для общего представления данной арифметической операции может служить следующая формула, т. е.

$$l = \frac{L}{\lambda} = c,$$

в которой L и λ даны в делениях микрометра. Вполне понятно, что при микроскопе с иным микрометром и при иных окуляре и об'ективе длина λ одной вибрации будет покрываться уже другим числом делений, хотя число *c* не изменится, ибо числитель L получится от измерения тем же микрометром, как и камертонная вибрация. На практике однако число *c* при измерении одной и той же графики разными измерительными микроскопами не будет совершенно тожественным; причина та, что выражение λ через то или другое число (напр. $7^1/_2$, $6^2/_3$ и т. п.) не является абсолютно точным, при чем напр. $7^1/_2$ может содержать некоторый избыток, а $6^2/_3$ легкий недочет, с повторением же этих мер при измерениях

[1]) Микроскоп должен обладать „большим полем зрения“ и иметь „подвижной столик“, который с помощью соответственно приспособленных двух винтов может перемещаться постепенно взад и вперед, или же вправо и влево (а при работе обоих винтов—по диагонали); окуляр такого микроскопа должен быть снабжен подходящим „микрометром“, в котором обычно каждые пять частей, получающиеся от деления короткими черточками, ограничены более длинными чертами (иногда с проставленными цифрами), что значительно облегчает счет делений микрометра. Для того, чтобы получить микроскоп, действительно подходящий для исследования фонационных график, всего лучше предварительно испробовать его на соответствующем материале.

разница будет последовательно нарастать и при более или менее значительной длине может стать довольно заметною. Вот почему необходимо соблюдение следующего методологического требования: *должно исследовать разные длительности одних и тех же график посредством разных микроскопов;* правда, и при применении одного и того же микроскопа абсолютная величина чисел не может считаться безусловно точною (хотя впрочем погрешность не будет большою), но все-таки отношения между числами будут верными, а именно отношения и имеют главное значение для экспериментальной фонетики.

Чтобы не делить каждый раз переменное число L, выражающее измеряемую микрометром длину участка на микрометрическую единицу длины (λ), можно составить раз навсегда систематическую таблицу микрометрических длин с переводом на время для данной постоянной скорости вращения цилиндра и данного измерительного микроскопа, в роде следующей (для нашего микроскопа Nachet, с объективом № 2, при условии, что 7½ делений микрометра соответствуют по времени 0,01″, с точностью в общем до тысячных долей секунды):

Числа делений микрометра	Соответствующая временная длительность	Числа делений микрометра	Соответствующая временная длительность	Числа делений микрометра	Соответствующая временная длительность
1	0,001(3)″	10	— 0,01(3)″	20	— 0,02(6)″
2	· 0,002(6)	11	- 0,014(6)	21	— 0,028
3	-- 0,004	12	— 0,016	22	0,029(3)
4	— 0,005(3)	13	0,017(3)	23	0,030(6)
6	0,008	14	- 0,018(6)	24	— 0,032
7	— 0,009(3)	15	— 0,02	25	0,0(3)
8	- 0,010(6)	16	— 0,021(3)	26	0,034(6)
9	— 0,012	17	— 0,022(6)	27	— 0,036
		18	· 0,024	28	-- 0,037(3)
		19	— 0,025(3)	29	— 0,038(6)

и т. д.

Примечание. Рассматривая соотношение чисел микрометрических делений (при чем мы ограничились в своей таблице лишь целыми делениями, хотя на практике, особенно при средних выводах, могут встретиться и дробные числа) и времени, не трудно усмотреть, что второй ряд чисел можно получать прямо из первого ряда чрез увеличение чисел первого ряда на одну треть этих чисел и затем надо уменьшить полученное число в тысячу раз, срв.: 6 -0,008; 9 - 0,012; 18 -0,024; и т. п. Такое простое соотношение об'яснить очень легко: именно так получается и основание таблицы, т. е. 7½ 0,01″; в самом деле, если к 7½ мы прибавим треть этого числа (т. е. 7½+2½), то получим 10, уменьшив же последнее число в 1000 раз, находим 0,01 или временную длительность для 7½ делений микрометра.

Ко всему сказанному нам остается прибавить, что изученная длительность однородных график может быть выражена в *средних*

числах.[1]) а при сравнении этих последних в [illegible] примерах—еще и в *процентах*, что представляет во многих случаях большие преимущества, придавая особенную ясность числовым соотношениям. В самом деле, пусть мы изучили [illegible] длительность гласных *а*, *і* и *у* в отдельном [illegible] и получили для них в среднем выводе соответствующие числа 19, 24 и 22 (числа сотых секунды); теперь мы принимаем [illegible] из этих чисел, напр. 19 (т. е. длительность гласного *а*, как нейтрального [illegible] 100 и соответственно с этим изменяем и прочие числа. Но для того, чтобы из 19 получить 100, нужно 19 помножить на $\frac{100}{19}$, ибо

$$19 \times \frac{100}{19} = 100,$$

а затем мы на тот же множитель (т. е. $\frac{100}{19}$) множим и прочие числа и таким образом имеем:

Длительность в сотых секунды	[illegible]
[illegible] — 19	100
[illegible] — 24	126
[illegible] — 22	116

Таким образом прием распадается на две операции: а) [illegible] длительности в сотых долях секунды [illegible] или непосредственное измерение) с последующим выражением в средних числах, [illegible] переход к [illegible] выражению [illegible]

[1]) При получении *средних чисел* необходимо соблюдать большую [illegible]ность в отношении *принципа однородности*: недостаточно, чтобы случаи [illegible]ли одну категорию (напр. категорию того или другого гласного, [illegible] или другого слога, слова, или т. п.); но чтобы относящиеся сюда [illegible] получены теми же самыми приборами; кроме того, в самой [illegible] средних могут оказаться погрешности, если напр. к полученному [illegible] числу прибавить число от случайно пропущенного случая [illegible] случаев (в их средней величине) и выводить новое [illegible] ственно правильным будет, отбросив прежнее среднее [illegible] *все* случаи и из них вывести среднее число. При сравнении [illegible] рий по средним данным наибольшая строгость [illegible] эти средние выводы [illegible] получены [illegible] одного [illegible] том не малого (*[illegible]*).

[2]) Если исследуются [illegible] или односложные слова, где [illegible] элементом является гласный (напр. [illegible]) ный *а*, как нейтральный, [illegible] основанию вычисляем длительность других [illegible] пользуясь данными измерений, выраженных в [illegible] же того, что главным элементом слога является [illegible] шению к этому слоговому гласному, [illegible] процентная длительности согласных (т. е. напр. [illegible] вычисляется в процентах по отношению [illegible] 100 и т. д.) Наконец, что касается целых слов, [illegible] во представляет собою фонетическое целое, [illegible] принимать за 100 ударенный гласный слова и по отношению [illegible] ять длительность [illegible] остальных элементов [illegible]

Записанные вибрации камертона могут служить не только для измерения временной длительности участков фонационных график, но также еще—по отношению к голосовым вибрациям—для определения соответствующей им высоты голосового тона. Так, если напр. при микроскопическом изучении график, записанных на средней скорости, одна вибрация камертона, делающего 100 колебаний в секунду, занимает 7½ делений микрометра, а измеренная голосовая вибрация только 5 делений микрометра, то очевидно она принадлежит тону большей частоты колебаний и, следов., большей высоты согласно следующей обратной пропорции:

$$7^1/_2 \text{ дел.} — 100 \text{ колеб.}$$
$$5 \text{ дел.} — x$$
$$x : 100 = 7^1/_2 : 5$$
$$x = \frac{100 \cdot 7^1/_2}{5} = 150.$$

Подобным образом высота тона будет определена и для всех прочих измеренных вибраций, напр. тон вибрации в 4 деления микрометра будет отвечать соответственно большему числу колебаний (и потому будет он выше), именно:

$$x = \frac{100 \cdot 7^1/_2}{4} = 187^1/_2.$$

Все это вполне понятно, ибо чем выше тон, тем чаще вибрации и, следов., тем большее число их происходит в секунду времени (высота тона измеряется именно числом колебаний в секунду); при большем же числе вибраций в секунду время каждой вибрации будет соответственно короче и потому такая вибрация при микроскопическом исследовании будет покрываться соответственно меньшим числом делений микрометра; таким образом при определении высоты [illegible] по микрометрическим делениям, находящимся на голосовых графиках, [illegible] частота колебаний в секунду находятся в обратном отношении между собою. Отсюда общая формула для перевода делений микрометра на высоту тона получает следующий вид:

$$n = \frac{100\,\lambda}{l},$$

где n — [illegible] голосового тона число колебаний в секунду, λ — микрометрическая [illegible] вибрации нашего [illegible]льного камертона, делающего 100 колебаний в секунду, следов. 100 λ — микрометрическая длина, соответствующая числу колебаний нашего камертона в секунду, и [illegible], l обозначает микрометрическую [illegible] вибрации; если же [illegible] на l, то узнаем [illegible] голосового тона для этой вибрации. Чтобы [illegible] всякий [illegible] для перевода делений микрометра на число колебаний в секунду нужно [illegible] предвари-

тельно специальную таблицу для данной скорости вращения цилиндра и данного измерительного микроскопа, в роде следующей (мы даем таблицу для средней скорости вращения нашего цилиндра и для нашего измерительного микроскопа, при чем указываем число делений микрометра, соответствующее число колебаний в секунду с точностью до десятых долей и время каждого колебания: [1])

Число делений микрометра	Число колебаний в секунду	Время одной вибрации	Число делений микрометра	Число колебаний в секунду	Время одной вибрации
10	75	0,0[illegible](3)"	6½	115,4	0,008(6)"
9½	78,9	0,012(6)"	6	125	0,008"
[illegible]	83,3	0,012"	5½	136,4	0,007(3)"
8½	88,2	0,011(3)"	5	150	0,00(6)"
[illegible]	93,7	0,010(6)"	4½	166,7	0,00[illegible]"
7½	100	0,01"	4	187,5	0,00[illegible](3)"
7	107,1	0,009(3)"	3½	214,3	0,00[illegible](6)"

Рядом с этим высота [illegible] тона может быть выражена также с помощью гаммы, тон которой в свою очередь содержит определенное число вибраций. Здесь однако необходимо иметь в виду отличие „[illegible]“ гаммы от „темперированной“ (т. е. выравненной) [illegible] не отличает диезов от бемолей [illegible]: при этом полутоновые интервалы [illegible] гаммы равны, между тем как [illegible] гамме [illegible] от бемолей для [illegible] даже диезы [illegible] *mi* и *si* и бемоли для [illegible] *do* и *fa*. [illegible] между [illegible] целых тонов не все одинаковы, [illegible] большие и меньшие, [illegible] это будет подробно [illegible] нами [illegible]. В виду указанных усложнений, предпочитая научную физическую гамму, мы предпочитаем при переводе [illegible] не пифагорейскую, а общеупотребительную темперированную гамму (где la = 435 v. d.), тем более, что при этом кроме обычной простоты получаются и другие преимущества: 1) удобство [illegible]

[1]) В нашей таблице, приводимой лишь для образца, мы не идем далее половин в делениях микрометра; на деле же могут встречаться (напр. при средних выводах) и меньшие доли, а потому потребуется вставить в таблицу ряд промежуточных членов; кроме того, в зависимости от регистра голоса, придется расширить таблицу в сторону большей или меньшей частоты (высоты) голосовых вибраций: срв. таблицу, приведенную на стр. 28

высот голосового тона при произношении, определяемых на основании экспериментально-фонетических исследований, с [illegible] высотами, изучаемыми непосредственно слухом с помощью [illegible] или другого музыкального инструмента; 2) удобство [illegible] размеров интервалов, зависящее от [illegible] в [illegible] ходе тонов и полутонов темперированной гаммы. [illegible] тонами той и другой гаммы настолько близки между собой, что, пользуясь темперированной гаммой, мы [illegible] существенно разойтись с научно-физической [illegible] таблице [illegible] нотное обозначение тонов и полутонов темперированной [illegible] в сопоставлении с соответствующими числами вибраций в пределах одной октавы, при чем присоединяется еще [illegible] ряда чисел, [illegible] представляющие как временную длительность так и [illegible] (для нашего микроскопа Nachet [illegible] средней [illegible] цилиндра) отдельной вибрации соответствующего [illegible] [1]:

do или *c*	*do* ♯ или *cis*	*re* или *d*	*re* ♯ или *dis*	*mi* или *e*	*fa* или *f*	*fa* ♯ или *fis*
129,3 v.	137 v.	145,2 v.	153,8 v.	163 v.	172,[illegible] v.	[illegible]
0,0077″	0,0073″	0,0069″	0,0065″	0,0061″	0,0058″	[illegible]
5,80 м.	5,47 б.	5,17 м.	4,88 б.	4,60 м.	[illegible]	[illegible]

sol или *g*	*sol* ♯ или *gis*	*la* или *a*	*la* ♯ или *ais*	*si* или *h*	*do* или *c*
193,8 v.	205,3 v.	217,5 v.	230,[illegible] v.	244,1 v.	[illegible],7 v.
0,0052″	0,0049″	0,0046″	0,0043″	0,0041″	0,0039″
3,87	3,65 б.	3,45 м.	3,2[illegible]	3,07 м.	2,9[illegible]

Примечание. Поясним теперь, каким образом получены [illegible] под нотами группы чисел. Прежде всего скажем [illegible] *частоту вибраций* тонов приведенной темперированной гаммы. Как мы знаем, высота каждого тона [illegible] числом колебаний в секунду, и чем выше тон, тем чаще колебания [illegible], тем большее число их приходится на одну секунду. [illegible] была [illegible] las, относительно которой [illegible] принято, что она должна равняться 435 v. d.



435 v. d.

[1] Пользуясь этими данными, нетрудно переводить числа [illegible] на ноты. Конечно, [illegible] не совпадать точно с [illegible] быть или выше, или ниже [illegible], что может быть [illegible] дополнительными значками (срв. выше сноску на стр. [illegible]). Что касается [illegible] пользуются слогами [illegible] или *do*, *re*, *mi* и др. [illegible] с, d... [illegible] и при названии [illegible] при [illegible] октав.

От этой ноты идут полутоны и тоны в ту и другую сторону- вверх и вниз: каждый полутон вверх происходит от умножения числа колебаний предшествующей ноты на иррациональное число 1,0594... ($= \sqrt[12]{2}$)- полутон вниз от деления числа колебаний последующей ноты на то же самое иррациональное число (для получения целого тона таким множителем или делителем будет 1,1225... ($\sqrt[6]{2}$). Таким образом, в числе [illegible] раций темперированной гаммы мы имеем возрастающую геометрическую прогрессию, между тем как соответствующие слуховые ощущения, [illegible] идущие полутонами, представляют арифметическую прогрессию. [illegible] [illegible] не трудно под нотами гаммы подставить еще и временную длительность одной вибрации соответствующего тона. Для этого [illegible] лишь 1 секунду разделить на число вибраций этого тона, т. е. напр. для ноты do_2 [illegible] [illegible] 129,326... v. d. будем иметь

1 : 129,326 = 0,0077".

и т. д. Таковы, для определения микрометрических величин одной вибрации каждого тона гаммы [illegible] средней скорости [illegible] нашего микроскопа (где одна вибрация камертона в 100 v. d. = $7^{1}/_{2}$ делениям микрометра), нужно [illegible] [illegible] [illegible] ноты do_2:

$x : 7^{1}/_{2} = 129,326 : 100$

$x = 5,8$ [illegible] делений микрометра

(Несколько [illegible] буквы [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] — [illegible]. Вполне понятно, что при другом микроскопе [illegible] [illegible] [illegible] микрометрические длины выразятся [illegible] [illegible]. Так, напр., в [illegible] кабинете [illegible] [illegible] [illegible] [illegible], где одна вибрация в 100 v. d. [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] делениям микрометра; в этом случае [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] число [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] для do_2 будет [illegible] [illegible]

$x : 6^{2}/_{3} = 129,326 : 100$

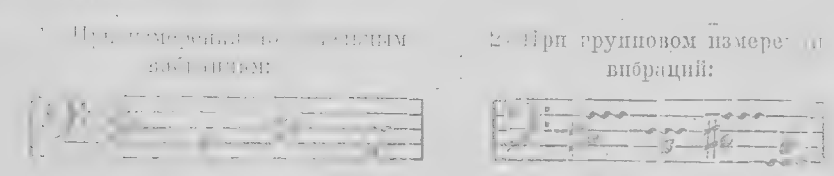
$x = 5,15$ [illegible]

последовательные же ряды микрометрических длин [illegible] [illegible] гаммы [illegible] рядом: c = 5,15 (a) [illegible] cis = 4,86 [illegible] d [illegible] (б), dis = 4,32 (б), e = 4,08 (б), f = 3,86 (б), fis = 3,64 [illegible], g [illegible] [illegible], gis = 3,2? [illegible] a = 3,06 (б), ais [illegible], h = 2,73 (б), c_1 = [illegible] (а). [illegible] [illegible] кроме цифровых рядов, выражающих числа колебаний [illegible] гаммы и временную длительность одной вибрации каждого тона, [illegible] остаются [illegible] те же самые, каким бы микроскопом и камертоном мы ни пользовались.

Не следует, однако, думать, что только музыкально образованные дети могут производить такого рода исследования [illegible] тем, что [illegible] [illegible] чужды музыкальности, дети [illegible] [illegible] [illegible] результаты [illegible] [illegible] [illegible] вибраций [illegible] [illegible] [illegible] измерения [illegible] [illegible] при помощи [illegible] диаграмм [illegible] [illegible] в тексте [1]. Проследим, [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] следующие числа микрометрических делений: 3, 5, $5^{1}/_{2}$, 4, 5, 4, 6, 2, [illegible] [illegible] [illegible] диаграмме (см. рис. 9) мы [illegible] [illegible] [illegible] вертикальном направлении, а горизонтально [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible]. [illegible] грамма [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible]. [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] дящее, более замедленное на третьей вибрации [illegible] [illegible] [illegible]

[1] Вполне понятно, что клетки могут быть представлены и в [illegible] различном масштабе в обоих направлениях, вертикальном и [illegible] [illegible], [illegible] бы рисунок давал [illegible] [illegible] как о ходе изменения [illegible] [illegible] [illegible] тельной скорости этого изменения.

[illegible] вибраций, напр. по группам в четыре вибрации каждая. [illegible] последовательно микрометрическая длина [illegible] делится на число вибраций в каждой группе особо; [1]) [illegible] способе исследования голосовых график показы- [illegible] в движении тона. Здесь мы должны [illegible] внимание на одно важное обстоятельство, именно [illegible] результатов при исследовании движения тона [illegible] по группам; различие это касается вели- [illegible] характерными предельными высотами. Возь- [illegible] из случаев гласного *A* в моем произноше- [illegible] вполне определяется последователь- [illegible]:



[illegible] между первою и второю нотою при счете по [illegible] в два тона (большая терция), а [illegible] данным из групп содержит только [illegible] образом интервал между третьей и [illegible] случае содержит 3 тона (увеличенная [illegible] счете только $1^1/_2$ тона (уменьшенная [illegible]), что при групповом [illegible] голосового тона интервал оказывается [illegible] результатов изучения по [illegible] при выводе средних [illegible] каждой группы испытывают [illegible] обязанно побуждает исследования в [illegible] категории звукосочетаний [illegible] при групповом счете сравнительно [illegible].

[illegible] способе получения средних дан- [illegible] не одна, а несколько гра- [illegible] одного и того же звука [illegible] исследованной графики [illegible] (высшие и низшие) по [illegible] средние величины, ото- [illegible] (средние) высоты [illegible]. Если

[illegible] обычно имеют при себе [illegible] высоты [illegible] соответствии с микрометри- [illegible] делений микрометра, но [illegible] (о том уже упоми- [illegible].

однако окажется, что движение тона представляет в изучаемых графиках существенные различия, то мы разбиваем все случаи на типы и каждый тип изучаем особо и этим путем устанавливаем *вариации* произношения в области данного звука или звукосочетания.

Амплитуда. Под амплитудой, как мы знаем, понимается размах колебаний или вибраций. Амплитуда измеряется тоже с помощью измерительного микроскопа в делениях микрометра, как и длина вибраций. Затем эти деления могут быть нанесены на диаграмму по вибрациям или же группам совместно с диаграммой интонации, чтобы следить параллельно за изменением высоты тона и его амплитуды, ибо судить по одной только диаграмме амплитуды без диаграммы интонации с достаточною уверенностью нельзя, в чем нетрудно убедиться из нижеследующих соображений.

По струнным музыкальным инструментам мы хорошо знаем, что для более высоких нот струна должна быть укорочена при сохранении того же натяжения, или же сильнее натянута при сохранении своей длины; при этом очевидно, что под действием импульса одной и той же силы при этих условиях струна должна издавать звук одной и той же громкости, и однако размах или амплитуда колебаний струны при повышении тона будет уменьшаться, а при понижении увеличиваться. Из сказанного заключаем, что одинаковая громкость тонов разной высоты обусловливается вибрациями не одной и той же амплитуды колебаний, что при одной и той же громкости звука амплитуда колебаний находится в обратном отношении с высотою тона или частотою колебаний, чем именно и достигается одинаковость эффекта по силе. Физика действительно показывает, что истинная сила или интенсивность звука определяется в связи с частотою колебаний по формуле

$$f = a^2 . n^2.$$

т. е. что звуковая энергия (f) равна произведению квадрата амплитуды (a) на квадрат частоты колебаний (n): следов., эта формула показывает, что эффект звуковой силы остается один и тот же, если данное произведение не меняется, а это значит, что при сохранении одинаковой интенсивности звука увеличение одного сомножителя должно сопровождаться уменьшением другого в то же самое число раз (т. е. здесь имеет место именно обратная пропорциональность).[1] В виду же того, что квадраты чисел колебаний (n^2) слишком большие числа, мы заменяем приведенную формулу другою, а именно —

[1]) В физике в приведенной формуле понимается не полная амплитуда, как это делаем мы при наших расчетах, а половинная; но это не меняет отношений, так как при подстановке квадрата половины амплитуды все произведения будут лишь в четверо меньше, ибо сомножитель уже не a^2 но $\frac{a^2}{4}$: $\left(\frac{a}{2}\right)^2 = \frac{a^2}{4}$.

числа колебаний берем соответствующую измеренную длину (l) вибраций, а так как последняя стоит, как мы видели, в обратном отношении к частоте колебаний, то в формуле вм. произведения берем частное:

$$f = \frac{a^2}{l^2} = c.$$

Эта формула показывает, что f остается без изменения, если частное (c) взятых количеств не меняется, а это может быть только тогда, когда у дроби числитель и знаменатель одновременно увеличиваются или же уменьшаются в одно и то же число раз. Для наших целей более практичною является именно эта вторая формула, как непосредственно примыкающая к микроскопическим измерениям; при этом величина c может уже служить надежным мерилом интенсивности и ряд этих c можно нанести на диаграмму под интонацией.

На основании многочисленных случаев параллельного исследования нами амплитуды (a), непосредственно измеренной, и амплитуды (f), вычисленной по формуле, мы пришли к заключению, что та и другая почти всегда согласуются одна с другою по направлению движения (возрастающему, или же убывающему), различаясь однако абсолютною величиною цифр и отношением между последними. Это можно иллюстрировать на следующем примере сопоставления измерительной амплитуды a и f для трех график гласного A одной и той же серии:

$$A_I:\ a = 1^7/_8,\ l = 4^1/_2$$
$$f = (1^7/_8)^2 : (4^1/_2)^2 = 0.174;$$
$$A_{II}:\ a = 1^3/_8,\ l = 5$$
$$f = (1^3/_8)^2 : 5^2 = 0.076;$$
$$A_{III}:\ a = 1^3/_4,\ l = 4^1/_2$$
$$f = (1^3/_4)^2 : (4^1/_2)^2 = 0.152.$$

Из приведенных данных видим, что результаты не находятся в противоречии между собою, хотя—правда—в то время как разница между тремя случаями измеренной амплитуды очень невелика ($1^7/_8 : 1^3/_8 : 1^3/_4$), разница между цифрами вычисленной интенсивности выражена резко (0.17 : 0.08 : 0.15).[1] Высказываясь о согласованности в общем между ходом измеренной и вычисленной интенсивности, мы должны однако иметь в виду, что установить с полной уверенностью для данного ряда голосовых вибраций на основании лишь измерения амплитуды (без указанного вычисления f) ту именно вибрацию (или группу вибраций), которой принадлежит действитель-

[1] Быть может, тот и другой ряд имеет свое особое реальное значение, а именно - первый соответствует преимущественно психофизиологическому моменту ощущений силы, а второй—моменту раздражения.

ная максимальная интенсивность, является [illegible] что убывающая амплитуда при повышении [illegible] ствовать об уменьшении звуковой энергии [illegible] выше, а возрастающая при понижении [illegible] увеличением истинной интенсивности, [illegible] ренная амплитуда указывает довольно [illegible] вибрацию, то по крайней мере [illegible] симальная интенсивность. Конечно, при [illegible] предварительно вычисления f по формуле [illegible] под рукою готовые таблицы значений $\frac{a^2}{t^2}$ для [illegible] чисел.

В заключение прибавим, что амплитуду [illegible] для удобства взаимного сравнения [illegible] сочетаний и слов может быть также [illegible] причем числовая величина одной из них [illegible] а другие пропорционально [illegible] формуле:

$$f_1 = \frac{a^2}{t^2} = c_1 \qquad f_1 = c_1 \cdot \frac{100}{c_1} = 100$$

$$f_2 = c_2 \qquad f_2 = c_2 \cdot \frac{100}{c_1}$$

$$f_3 = c_3 \qquad f_3 = c_3 \cdot \frac{100}{c_1}$$

Тембр. Тембр выражается на графиках [illegible] голосовых вибраций; ближайшее рассмотрение [illegible] ком сложного, мы переносим в III-й выпуск [illegible] отдел акустики произношения.

7) Методологические замечания о [illegible] приборах физиологического типа. Хотя мы уже [illegible] боры, служащие для регистрации [illegible] менее считаю не лишним снова [illegible] ных имея в виду теперь методологические [illegible] разом комбинации и условия [illegible] опытах, равно как и самую постановку [illegible] лении мы изучим приборы, регистрирующие [illegible] онного дыхания, гортани и органов [illegible].

1. **Фонационное дыхание.** Для [illegible] жат спирометр и пневмограф, [illegible] временной регистрацией некоторых других приборов [illegible] вались в своих опытах следующими комбинациями: [illegible] пневмограф; б) спирометр-тамбур [illegible] Перейдем теперь к замечаниям о [illegible]

[illegible]) *Спирометр-пневмограф.* [illegible] комбинации [illegible] [illegible] спирометр Вердэна [illegible] [illegible]

[illegible]) [illegible]-*фибриллир.* [illegible] [illegible] воздушному [illegible] [illegible]

[1] Запись на цилиндре [illegible] его, чтобы получить [illegible] тельной скорости вращения цилиндра [illegible] [illegible] дыхательных актов на одном и том же обороте [illegible] ной клетки при обыкновенном дыхании [illegible]

вибраций, амплитуда которых также гармонировала с показаниями циферблата у спирометра. Таким образом эти опыты, равно как и предшествующие, свидетельствуют о достаточной надежности показаний спирометра Вердэна, что в свою очередь дает право предпринимать экспериментально-фонетические исследования с *одним спирометром*, без комбинаций с другими приборами. А это представляет большое преимущество, так как работа с одним спирометром весьма проста и позволяет в сравнительно короткое время сделать многочисленные опыты и произвести каждое исследуемое звукосочетание или слово достаточное число раз, после чего остается разделить общую цифру показаний спирометра для данного звукосочетания на число произнесенных раз, и получится средняя достаточно надежная величина.

в) *Пневмограф+губной прибор*. Предшествующие две комбинации состояли из двух разнородных приборов, из которых один был не записывающим, настоящая же комбинация состоит из обоих графических и потому мы задаемся здесь прежде всего вопросом об установлении соотношений синхронизма в их записях, так как каждая комбинация записывающих приборов требует своих специальных приемов по установлению синхронизма. В данной комбинации синхронизм будет установлен наиболее простым способом, если в пневмографе Вердэна выключим один из двух барабанчиков, так что запись будет производиться только по одному барабанчику: взяв этот последний в его соединении с регистрирующим, держа чашечку между пластинками губного прибора Rosapelly так, что одна прижимает мембрану барабанчика, а другая упирается на дно с наружной стороны, мы затем при соответствующем обороте цилиндра (напр. на третьей или средней скорости) быстро сжимаем их, повторяя то же самое после каждого нового сжатия: таким образом мы получим на цилиндре две кривых — одну от пневмографа и другую от губного прибора, а проведенные затем вертикали в пунктах, соответствующих моментам сжатия пластинок, покажут, насколько синхронистичны записи и того и другого прибора. [1])

Познакомимся теперь с анализом фонационных кривых, получаемых с помощью данной комбинации приборов, и с этой целью рассмотрим несколько типичных примеров на основании прилагаемых

[1]) Конечно, при работе пневмографом Вердэна с двумя барабанчиками не трудно соответственно видоизменить прием установления синхронизма: нужно отнять от пневмографа уже оба барабанчика в их соединении через посредство развилки с регистрирующим и привести в контакт с пластинками губного прибора Rosapelly. При пользовании же пневмографом Гутцмана установление синхронизма между ним и губным прибором не представляет ни малейшей трудности, так как приходится действовать пластинками губного прибора прямо на резиновый цилиндр пояса.

схематизированных рисунков (графики были получены на средней скорости для звуков и звукосочетаний *А, П, АП, ПА, ПАП*, и для следующей придуманной фразы: „папа попал папкой в попа").

А (рис. 61). Линия пневмографа с началом губного раскрытия делает небольшой под'ем, свидетельствующий о фонационном расширении об'ема грудной клетки, затем в течение второй половины губной экскурсии и всей последующей средней части принимает горизонтальное направление, указывающее на удержание фонационной напряженности и расширенности грудной клетки, и наконец с началом рекурсии губ (или, вообще в первой части рекурсии) направляется в сторону выдоха и опускается при этом ниже по сравнению с экскурсией или с началом, что указывает на спадение об'ема грудной клетки в большей мере, нежели перед началом произношения звука. По-видимому, задержка или средняя часть пневмографного [illegible] соответствует сонорной части гласного (а это указывает на желательность и важность введения в комбинацию приборов еще и *гортанной капсулы*.

П (рис. 62). Под'ем кривой пневмографа, выражающий фонационное расширение об'ема грудной клетки, происходит в начале смычки и занимает всю остальную значительно бо́льшую часть смычки и оканчивается вместе с губной рекурсией, т. е. с губным взрывом, переходя в экспирационный спуск;[1]) таким образом пневмографная кривая согласного представляет аналогию с кривой гласного, и это сходство можно истолковать тем, что в обоих случаях выдыхание борется с артикуляционною преградою: при гласном преграда представлена сомкнутыми голосовыми связками (не говоря о возможности новых преград на дальнейшем пути в надставной трубе), а при глухих согласных, хотя голосовая щель расширена и свободно пропускает ток воздуха, преграда образуется смычкою или же сужением в области артикулирующих органов произношения.

АП (рис. 63). Начало пневмографного возвышения для *А* такое же, как и в случае отдельного произношения гласного; но это возвышение после гласного переходит и на смычку согласного *П*, завершаясь заключительным спуском вместе с взрывом согласного [illegible] пневмографное возвышение гласного [illegible] в момент начала смычки согласного легкий уступ и уже [illegible] до взрыва, когда переходит в экспи-

[1]) Иногда уже при экскурсии губ замечается пологий под'ем, который может перейти в новый легкий под'ем при начале губной смычки; обыкновенно этот вариант имеет место в том случае, когда губы, прежде чем начать артикуляцию *П*, делают предварительное раскрытие, откуда следует, что это последнее не является совершенно безразличным для дыхательного аппарата, и вызывает его отклик, выражаясь упомянутым предварительным пологим под'емом.

чтовный слог) [1]. Так [illegible] единство [illegible].

[illegible] (рис. 64). [illegible] приложением [illegible] [illegible] [illegible] (в [illegible] [illegible] в [illegible]

[illegible] элементов [illegible] [illegible]

[illegible] в пол[illegible] (рис. 66) [illegible] тв[illegible] [illegible] [illegible] образом [illegible] [illegible] очень [illegible] в [illegible] или [illegible].

6. Сочетная деятельность гортани. [illegible] стр. 37—44 [illegible] „[illegible]" и „[illegible]" [illegible] „[illegible]".

а) *[illegible]*. [illegible] следовательно [illegible] кладываются с [illegible] течение [illegible] отд[illegible] ру[illegible] не [illegible] в [illegible]

---

[1] Таким образом [illegible] дит [illegible] во в два слога; в таком случае [illegible] ный согласный разделяется [illegible] как бы в роли слогового элемента, т. е. аль-

[illegible] Что касается *[illegible]*, [illegible] [illegible]

[illegible]

[illegible] Наконец, [illegible]

[illegible]

б) *[illegible]* [illegible] стр. 30—31; 40—41) [illegible]

[1]) Срв. еще [illegible] на стр. 30 [illegible] pelly.

может происходить двояким *способом*: амбушюр или плотно прикладывается ко рту, или держится перед ртом на некотором близком расстоянии. Из этих двух способов по точности записи нужно отдать предпочтение первому, так как плотно прижатый амбушюр наилучше гарантирует полноту записи вибрационного воздушного тока, тогда как при втором способе всякое изменение в отстоянии амбушюра от ртового отверстия будет влиять на графику и, при излишнем отстоянии, будет скрадываться часть вибраций. E. A. Meyer устраивал *перерыв* (ок. 1 мм.) в соединительной *каучуковой трубке* и таким образом плотное прижатие амбушюра как бы соединялось с говорением в свободное пространство. Наши наблюдения показали однако, что хотя в этом случае общая конфигурация амбушюрный кривой сохраняется та же, что и при способе без такого перерыва, но зато вибрации теряют в своей правильности, что вполне понятно, так как из первого отрезка трубки фонационный ток выходит рассыпаясь и лишь центральные части движения снова вступают во второй отрезок трубки (было бы гораздо проще—держать *клапан* трубки во время опыта открытым, тогда и вибрации не теряют в своей правильности). В нашем университетском кабинете были произведены удачно опыты посредством амбушюра с широкою каучуковою трубкою (от „записывающего уха“), при чем в концевое отверстие трубки вставлялась пробка, сквозь которую уже проводилась узкая каучуковая трубка к записывающему барабанчику (хотя достаточно и простого введения узкой трубки, без посредства пробки, в канал широкой трубки); даже плотно прижатая к ртовому отверстию воронка амбушюра нисколько в этом случае не стесняет говорения. Развилка позволяет соединять амбушюр с двумя *регистрирующими барабанчиками* разного диаметра, из которых один, больший, будет отмечать напор воздушного тока, а другой, самый маленький, — вибрации. С точки зрения *комбинируемости* с другими приборами, амбушюр менее удобен, нежели гортанная капсула, однако нам удавалось комбинировать его даже с приборами, имеющими ближайшее отношение к полости рта, каковы—губной прибор и ампулы. Для этой цели при губном приборе Rosapelly к верхней ветке уже прилажена небольшая амбушюрная трубочка, которую мы в своем приборе заменили большею амбушюрною воронкою, а аббат Rousselot придумал особый губной прибор с резиновым амбушюром. Амбушюр может комбинироваться также с ампулами, которые вводятся в полость рта между языком и небом,—в этом случае их отводная трубочка пропускается сквозь специально для того устраиваемое боковое отверстие в воронке амбушюра.

Казалось бы, что одновременное совместное участие обоих рассмотренных приборов (т. е. Горт. капс. + Амб.) излишне, так

как запись того и другого прибора отмечает звучание гортани. Однако в действительности вибрационные записи приборов могут быть не полны (при гортанной капсуле может влиять случайное перемещение ее на шее, при амбушюре—неодинаково плотное прижатие его к ртовому отверстию или т. п.), и потому объединение результатов вычислений для того и другого прибора, восполняя недочеты, должно давать более точные данные. Помимо этого, графики данных приборов не совпадают по отношению к звонким смычным согласным. Так, напр., в слове „куда“ при последнем звуке на *графике гортани* выразятся непрерывающимся рядом вибраций, правда с некоторыми особенностями в каждой звуковой группе, но эти особенности недостаточны для точного разграничения отдельных звуков, а между тем *амбушюрная запись* на месте *д*, как согласного смычного и следов. не пропускающего фонационного тока в амбушюр, даст прямую линию без вибраций и тем укажет границу согласного *д* (но зато по одной этой записи мы лишены возможности судить о движении тона при данном согласном). Таким образом там, где в слове имеются глас[illegible] звонкие взрывные согласные, там комбинация обоих приборов имеет существенное значение, но если в слове имеются отдельные глухие согласные (напр. „кота“), там можно пользоваться и одною гортанною капсулою (амбушюрная запись в этом случае может представить затруднение для изучения вибраций, примыкающих к взрыву, где кривая делает большие размахи, прежде чем на ней появятся вибрации).

III.—Артикуляционные работы органов произношения. Здесь мы сделаем некоторые указания относительно губного прибора Rosapelly и [illegible]

а) *Губной прибор* (срв. вып. I, стр. 67—70). Так как произношение может начинаться не только от сомкнутых, но и от полураскрытых губ, то возникает вопрос о выборе *абсциссы* для губных график. Вопрос этот легко решается в пользу линии сомкнутого состояния губ, как неизменно постоянной, тогда как полураскрытое состояние губ неизбежно варьирует в сторону увеличения или же уменьшения открытости. Избрав же сомкнутое состояние губ и пластинок губного прибора в качестве исходного для губных график, мы должны, прежде чем начать произношение, уравнять с помощью вентиляторного клапана в соединительной каучуковой трубке внутреннее давление воздуха в приборе с давлением наружным.

Если произношение начинается со смычного губного согласного, то оно должно производиться от полураскрытых губ, так как только тогда на графике обозначится смычка этого согласного, подобно тому как смычка конечного губного согласного обозначается.

Из приведенной таблицы видим, что при слабом колечке пластинки оказываются сомкнутыми уже при нагрузке в 10 гр., тогда как при тугом кольце требуется для этого в качестве минимальной нагрузки 80 гр. Здесь уместно указать, что при фонетических работах с губным прибором Rosapelly необходимо предварительно приспособить сжимающую силу колечка к *индивидуальной* (действительно неодинаковой у разных лиц, как мы убедились на опыте) силе губного сжатия, ибо иначе произношение может получиться неестественным, так как в этом случае произносящий не столько будет управлять прибором, сколько повиноваться ему. Эта варьирующая по *индивидуумам* сила сжимающихся губ и может быть определена указанием на минимальный груз, необходимый для сомкнутия пластинок при оказавшемся подходящим для данного индивидуума колечке. Однако колечко не должно быть и слишком слабым, так как возможно, что при широком раскрытии губ оно не в состоянии будет раздвигать пластинки на соответствующее расстояние, и перышко прочертит прямую, не соответствующую степени губного раскрытия.

б) *Ампулы* (см. вып. I, стр. 60—61). Ампулы могут применяться как при изучении работы губ, так и языка. В применении к работе губ они дополняют показания губного прибора при смычных согласных: смычка записывается губным прибором прямой линией, между тем как в действительности при одной смычке сжатие губ изменяется по степени. Вот эти изменения степени губного сжатия и могут выражать графики ампул, при чем [illegible] получаемые кривые сжатия сходны с кривыми от произношения гласных, а те и другие — с записью от сокращения отдельной [illegible] мышцы (т. е. сложная мышечная деятельность [illegible] с действием отдельной мышцы). Что касается ампул для языка, то и в этом случае они отмечают изменение в степени нажатия языка, при чем можно для артикуляции одного и того же звука изучать степень приближения языка к небу на разных расстояниях от зубов и находить место maximum'a сближения, а при разных [illegible] и сравнивать степени приближения [illegible] относительно неба на одном и том же расстоянии от зубов. [illegible] получить некоторый объективный критерий для оценки силы [illegible] на ампулу при смычных (а также при щелевых согласных, равно как и при гласных суженных), можно [illegible] разные грузы на ампулу, соединенную с своим [illegible] барабанчиком, и таким образом получается довольно [illegible] масштаб, следующий в общем принципу арифметической прогрессии, т. е. перышко будет отклоняться от абсциссы тем более, чем больше груз. Что же касается при этом учета свойств [illegible] барабанчика, то [illegible] мы знаем из опытов над [illegible] барабанчика [illegible] разными грузами — он сам по себе тоже дает масштаб [illegible] равномерный по принципу арифметической прогрессии [illegible] не нарушает правильности сигналов от ампул. Таким образом высоты поднятия пишущего рычажка являются функцией [illegible] органа произношения на ампулу и от регистрирующей мембраны барабанчика. Для образца приведу масштаб от [illegible]

[illegible]

	Лит. № 2	Лит. № 1
10 [illegible]	[illegible]	[illegible]
20	[illegible]	[illegible]
50	[illegible]	[illegible]
100	6	[illegible]

[illegible]

ра—1 ½ [illegible]

ра—[illegible]

ра—2 ½

В [illegible] ряду [illegible] артику-ляцией [illegible] (в [illegible]).

При [illegible] артикуляции [illegible].

Если будем [illegible], [illegible] высоты [illegible].

Чтобы [illegible] высоты [illegible] [1] [illegible] $3^1/_2$ [illegible] по-[illegible] артикуляции [illegible], мы не [illegible], что [illegible] кривой не [illegible].

[illegible] что [illegible] сове-[illegible] артикулирует [illegible] согласными, в том числе [illegible].

[1] [illegible] можно на [illegible] определить степень [illegible].

АТЛАС

рисунков по 2-ому вып. курса экспериментальной фонетики

В. А. Богородицкого

[illegible]

Объясненіе рисунковъ.

Рис. 38. Ручной приборъ [illegible] рыбы [illegible] 10.

Рис. 39. Воздушная [illegible] электрическій направляющій [illegible]

Рис. 40. Горизонтальн[illegible] приборъ [illegible]

Рис. 42. Устройство [illegible] барабана [illegible]

Рис. 43. [illegible] ба[illegible] стр. 16.

Рис. 44. [illegible]

Рис. 45. Закрытый [illegible] стр. 16.

Рис. 46. [illegible] стр. 16.

Рис. 47. [illegible]

Рис. 48 (?). [illegible]

Рис. 49. [illegible]

Рис. 50. [illegible]

Рис. 51. [illegible]

Рис. 52 (?). [illegible]

Рис. 53 (?). [illegible]

Рис. 54. [illegible]

Рис. 55 (?). [illegible]

Рис. 56. [illegible]

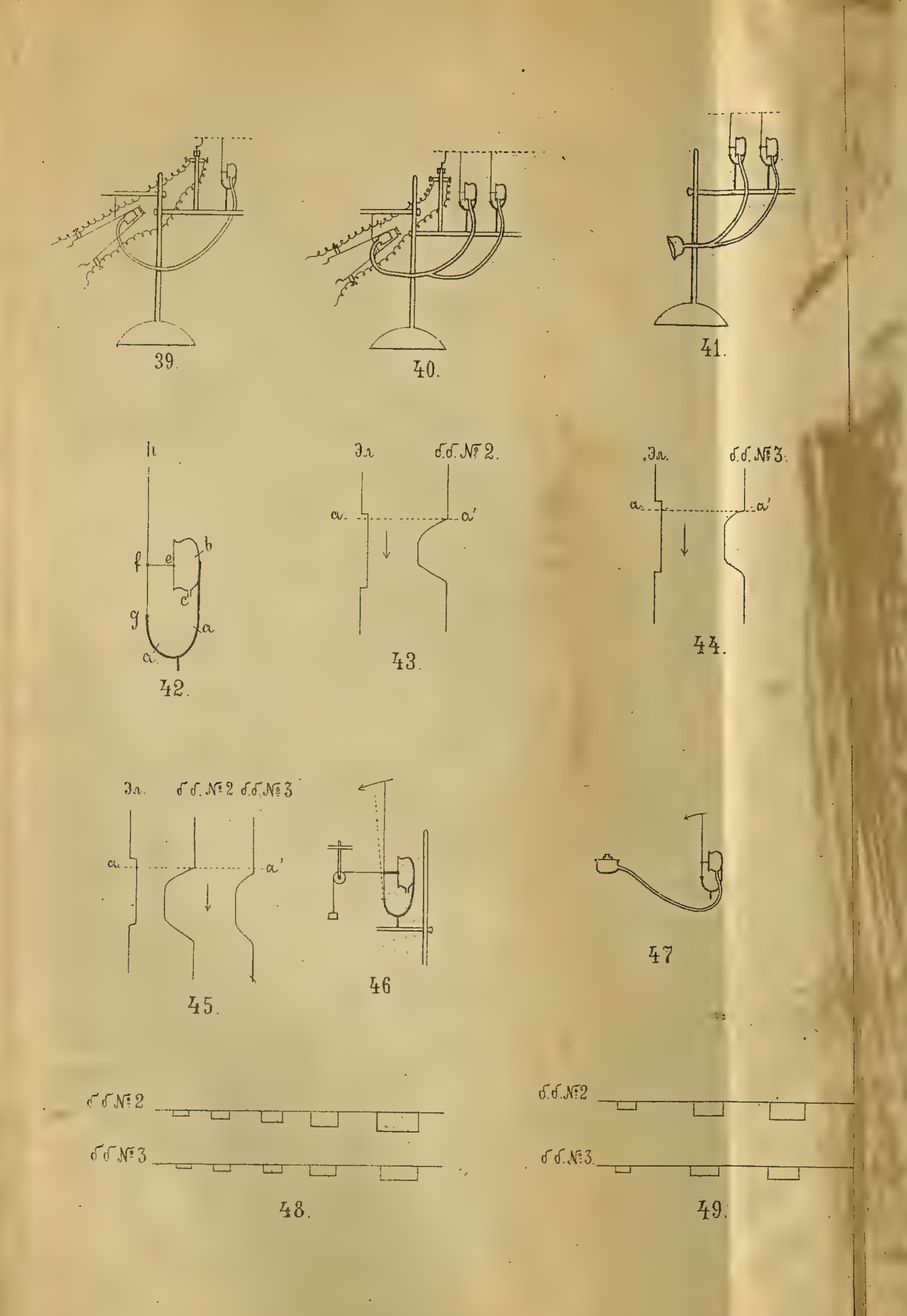
Рис. 57. [illegible]

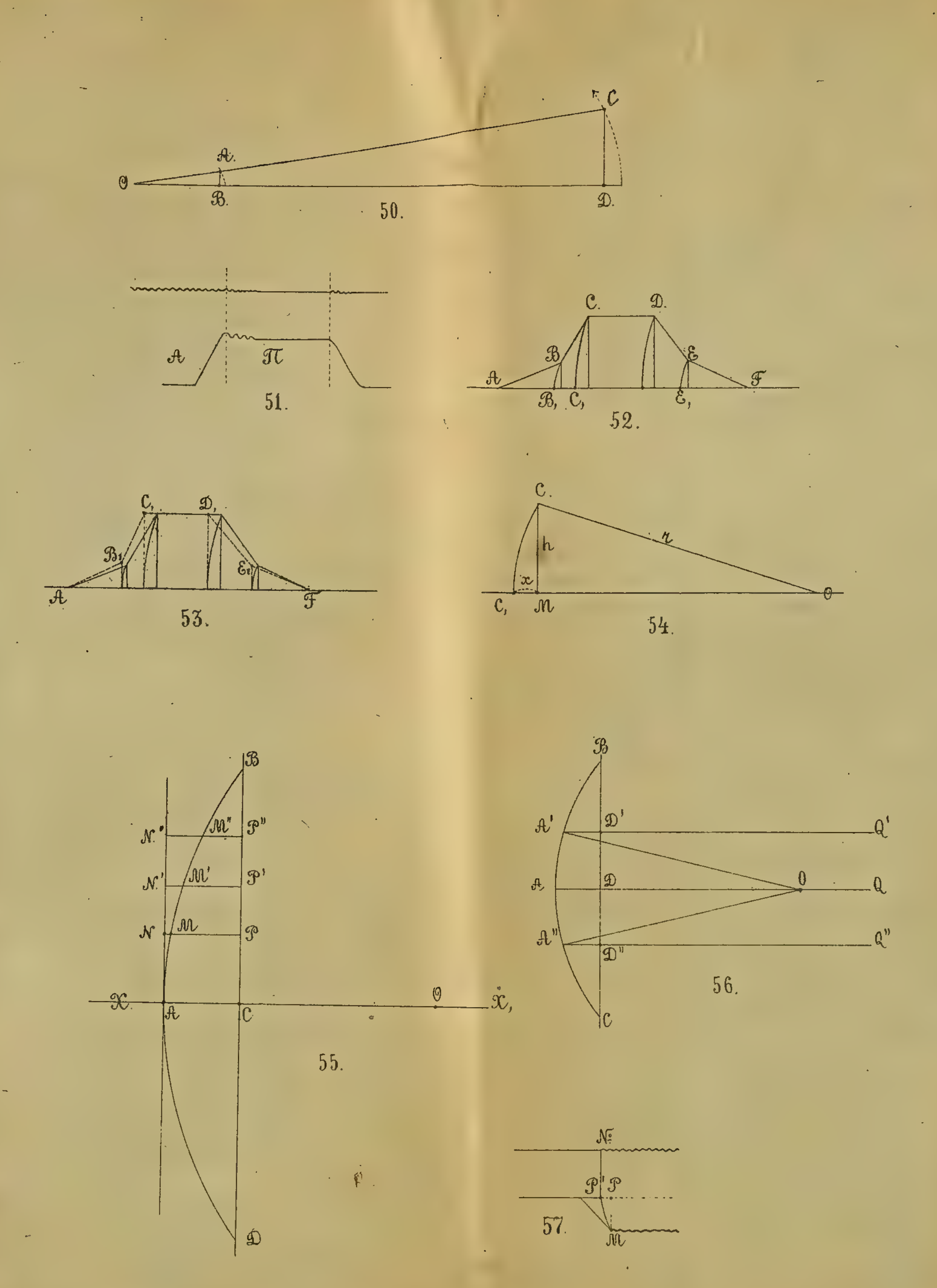
Рис. 58. Выпрямленіе [illegible]

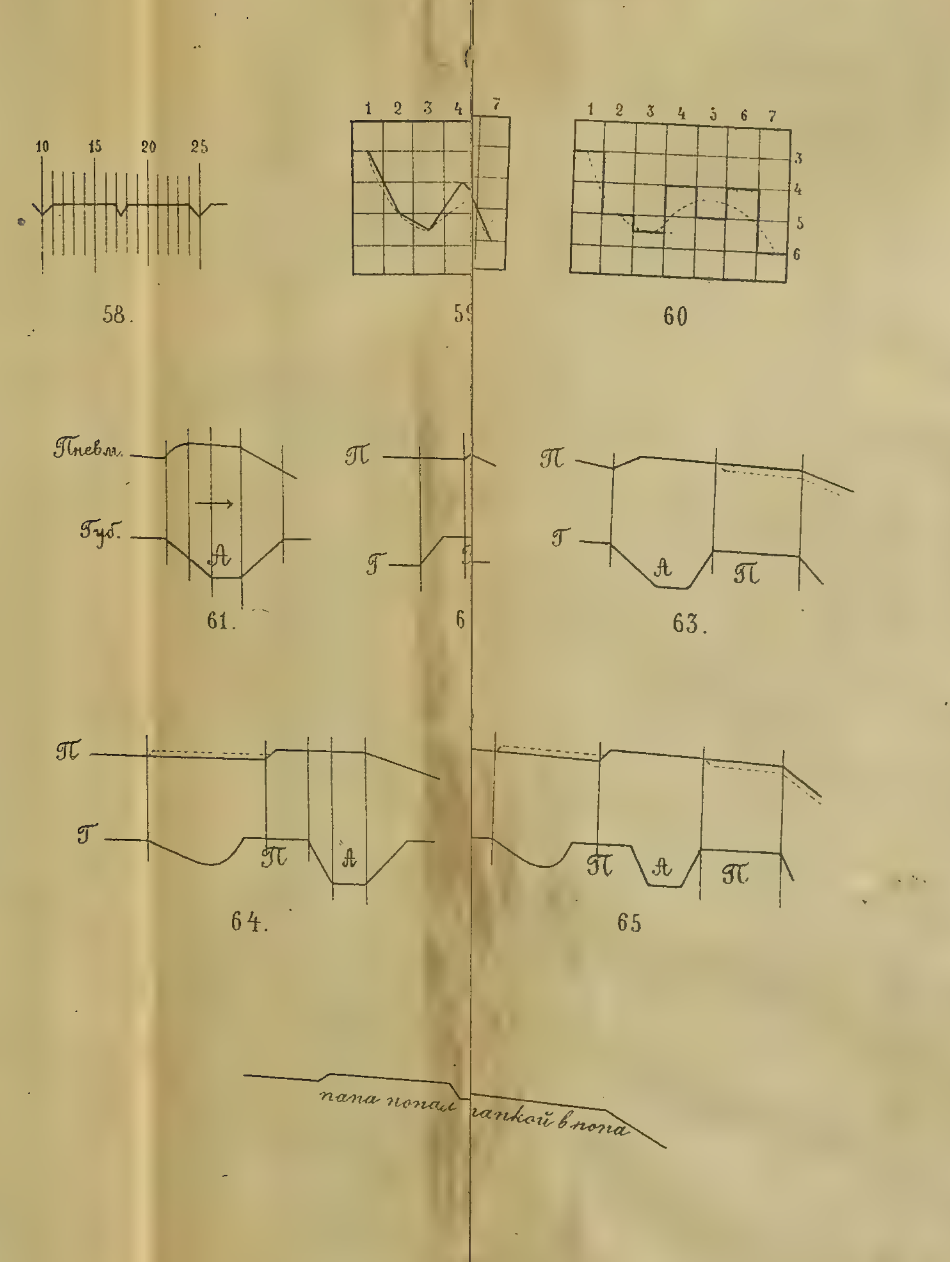
Рис. 59—60. Два способа [illegible] стр. 13—14.

Рис. 61—62. Пневматическіе [illegible] стр. 15.

Рис. 63. Пневматическая [illegible]


39.
40.
41.
42.
43.
44.
45.
46
47
48.
49.
Эл.
б.б. № 2.
б.б. № 3.
б.б. № 2
б.б. № 3


50.
51.
52.
53.
54.
55.
56.
57.


58.
60
61.
63.
64.
65
Певм.
Губ.
папа попал палкой в попа

